

СССР  
НАРОДНЫЙ КОМИССАРИАТ ЛЕСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
НАРКОМЛЕС

Авторы: Артамонов М.Д.  
Михайловский Ю.В.

490  
180

**АВТО—  
ТРАКТОРНЫЕ  
ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ  
НА  
ЛЕСОВЫВОЗКЕ**

**1935**  
**ФЕВРАЛЬ**

5 490  
120

Лесовозные газогенераторы.

Программа конспективного курса по транспортным газогенераторам для техников.

	№ стр.	Кол. стр.
<u>I. Введение</u> . Краткий исторический очерк развития газогенераторов, последние показатели лесовозных газогенераторов и перспективы развития лесовозных газогенераторов.	1-5	= 5
<u>II. Теория газогенераторов</u> ; теория газификации, топливо для газогенераторов, очистка газа, смешение и охлаждение газов.	6-30	= 25
<u>III. Типовые конструкции</u> : газогенераторы Рено, Берлие, Декаленкова, Автодор и др. и наиболее характерные технические условия монтажа газогенераторов на автомашинах и тракторах.	31-57	= 27
<u>IV. Газовые двигатели</u> : причины потери мощности при переводе двигателей с жидкого топлива на газообразное. Метод повышения мощности. Расчет газового двигателя. /примеры и задачи/. Приспособления существующих двигателей тракторов и автомашин для работы на генераторном газе.	58-105	= 48
<u>V. Эксплуатация газогенераторов</u> ; характеристика работ на лесовывозке, уход и содержание газогенераторов, заготовка приготавливания, хранения и снабжения топливом, себестоимость вывозки. Основные технико-экономические показатели работы газогенераторных установок.	106-124	= 19
<u>VI. Организация газогенераторных баз</u> . Подготовка складов топлива, монтаж газогенераторов с производственной стороны.	125-130	= 6
<u>VII. Техника безопасности</u> при эксплуатации газогенераторных автомашин и тракторов	131-132	= 2

Итого: 1-132 132

35-27344

Зот ХСЗ



## ВВЕДЕНИЕ.

Внедрение на лесозаготовительных работах газогенераторов имеет большое хозяйственное преимущество. На покупку и завоз горючего тратится много средств. Дороговизна его ложится тяжким бременем на стоимость тракторной вывозки. Газогенераторы, работающие на древесном топливе, значительно удешевляют стоимость работ. Некоторое уменьшение производительности газогенераторных тракторов экономией в стоимости жидкого топлива не только окупается, но и удешевляет работу до 30-40%.

Древесное топливо, всякие отходы древесины имеются у нас в изобилии. Заблаговременно заготовленное, просушенное и распределенное на определенных расстояниях оно гарантирует бесперебойность работы тракторов. Опыт Челмохотской тракторной базы в истекшем сезоне 34-35 г. показал, что трактор на газогенераторном топливе вывозил за один рейс до 90 плотных кубич. метров. На складских разделочных и погрузочных работах, при выгрузке на сплаве, применение газогенераторов имеет еще большее преимущество в смысле дешевизны производства. Уже в текущем году значительное количество тракторов будет оборудовано газогенераторами на древесном топливе.

Перевод на газогенераторы всех механизмов не должно заставить инженерно-технические кадры лесной промышленности врасплох - неподготовленными к их освоению.

Цель этой книги - дать элементарное знакомство инженерам и техникам с устройством и работой газогенераторов.

# ГЛАВА I-я

## ВВЕДЕНИЕ

Выполнение Директив XVII Партийного съезда и постановление ЦК ВКП/б/ и СНК СССР от 20/І-35г. о механизации лесозаготовительных работ требует для выполнения этого задания максимальной вооруженности лесозаготовок, лесотранспорта, механизации лесоскладских и сплавных работ тепловыми и электрическими и другими двигателями.

Использование в качестве основного топлива древесины на лесозаготовках и отходов переработки древесины для приведения в действие двигателей и механизмов - является важнейшим вопросом лесной промышленности.

Отходы древесины на лесозаготовках могут превращаться в силовую энергию, при помощи газогенераторов, как для получения электроэнергии, так и для приведения в действие механизмов помощью газогенераторов, установленных на тракторах, автомобилях и моторных судах.

В решениях первой Всесоюзной Конференции по реконструкции лесной промышленности, по механизации лесозаготовок и постановлением ЦК ВКП/б/ и СНК СССР от 20/І-35г., обращено особое внимание на организацию газогенераторных баз и снабжение газогенераторов для питания древесным топливом тракторов и авто-машин.

Паровая машина, использующая тепловую энергию древесного топлива для получения работы, до сего времени не привилась в качестве двигателя для тракторов и авто-машин, вследствие громоздкости /большой вес парового котла/ и низших тепловых качеств по сравнению с двигателем внутреннего сгорания. Последнее обстоятельство не имеет существенного значения для эксплуатации в условиях лесозаготовок, где масса древесного топлива пропадает и неиспользуется. Современные паровые авто-машины в Германии и Америке (фирма Добль) обладают более высокими качествами, в частности вес котла сведен к минимуму, отчего общий вес авто-машины не превосходит веса авто-машин, оборудованных двигателями внутреннего сгорания. Однако паровые авто-машины требуют высококачественных жароупорных металлов для котлов и работают преимущественно на нефти или каменном угле. Паровых машин и тракторов, работающих на дровах, почти не встречается и за рубежом.

Кроме того, паровые машины требуют большого количества воды для своей работы, что является большим минусом в деле эксплуатации их.

Газогенераторные установки дают возможность замены дорогого жидкого топлива для двигателей внутреннего сгорания местным дровяным и древесно-угольным топливом, имеющимся всегда на месте работы установки и не требуют воды для своей работы.

На основании имеющегося опыта и материалов по использованию газогенераторов в лесной промышленности, необходимо подвести итоги пройденного пути и способов перевода машин /автотяги с бензина / на местное древесное топливо.

При применении древесного топлива в тракторных и автомобильных двигателях, в лесных условиях до сих пор еще встречаются затруднения, ввиду несовершенства некоторых типов газогенераторов, а равным образом из-за потери мощности двигателей, переведенных на газ.

Для питания газогенераторных машин дровами требуется на 1 л.с. - час 1,2 кг., т.е. примерно в 3 раза по весу больше чем жидкого горючего. Так, если на зимний сезон трактору "Сталинец 60" требуется 40 тонн жидкого горючего, то при работе на дровах необходимо будет заготовить на каждый трактор 100-120 тонн сухих дров.

Развитие легких газогенераторов особенно быстро начало распространяться во Франции, Бельгии и Австрии после 1920г., хотя были попытки применения газогенераторов для транспортных целей и раньше. Так первый газогенераторный грузовик был построен в Шотландии в 1905г. Английская фирма "Локникрофт" давно применяла антрацитовые и древесные газогенераторы для моторных лодок. В 1920г. во Франции появились газогенераторный трактор и несколько газогенераторных тракторов.

В 1922г. во Франции был организован конкурс, при деятельном участии военввода, на газогенераторные установки для авто-машин.

В 1924г. во Франции грузовики "Берлиц" работали на дровах на военных маневрах.

В 1926г. 17-ти автобус "Берлиц" с дровяным газогенератором с 2-го августа по 30 августа сделал во Франции пробег в 5000 км. при расходе дров 50 кг. на 100 км.

Многие иностранные газогенераторные фирмы предпочитают пользоваться деревом, вместо древесного угля, несмотря на меньшую калорийность единицы веса древесины. Так при обжиге 1 тонны древесины выходит 200 кг. угля; теплотворная способность дров равна 3500-4000 кал/кг., а угля 7000-7500 кал/кг., т.е. при пережоге дров в уголь происходит потеря тепла 60%, поэтому в целях экономии потенциального тепла древесины целесообразнее применять дровяные газогенераторы.

В СССР развитие легких газогенераторов началось примерно с 1920г. Одним из пионеров применения газогенератора для тракторов является С.И. Декаленков.

Первым советским газогенераторным трактором был трактор "Коммунар" и "Клетрак" с газогенераторами "Пионер" системы Декаленкова, построенный институтом Древесины в Москве, пущенный в ход в конце 1931г. На Урале в 1931/32г. работал французский газогенератор "Берлиц" в

Монетном ЛПХ и испытывался Уральским Институтом Древесины.

В 1934г. в декабре был организован пробег "Автотора" газогенераторных авто-машин по маршруту Москва - Ленинград - Москва. Всего в пробеге была 7 газогенераторных машин, причем около половины их (3 машины) были оборудованы газогенераторными установками конструкции С.И. Декаленкова. Пробег показал, что Советская техника имеет ряд надежных газогенераторов Декаленкова, Мезина и друг., не уступающих по своим качествам импортным. Кроме того, газогенераторный пробег сузил с места касное отношение к проблеме перевода двигателей авто-тракторного типа на местное дровае и древесно-уральное топливо и популяризировал среди широких трудящихся масс значение газогенераторного автомобиля для промышленности и сельского хозяйства Советской Республики.

Для механизации лесозаготовок и лесотранспорта необходимо иметь такие машины-агрегаты, которые использовали бы местное бросовое топливо (сучья, бучья, щепа и др.) в качестве топлива. Паровые локомотивы и паровые машины, но последних сравнительно мало имеется на лесозаготовках; и в небольшом количестве имеются паровые лебедки, локомотивы, паровозы. Двигатели внутреннего сгорания, как основные силовые агрегаты авто-машин и тракторов, широко распространены на лесозаготовках. Автомашины и тракторы, имеющие двигатели внутреннего сгорания, работающие на жидком горючем (бензин, керосин), который приходится забрасывать далеко от магистральных путей сообщения, удорожает эксплуатацию машин, вызывает большое количество потерь горючего при перевозке и перегрузке.

К базам, имеющим газогенераторные установки впервые примененные древесное топливо для питания автомашин и тракторов, относятся следующие:

1) Монетный Леспромхоз треста "Свердлес" Урал, где работали и работают газогенераторные тракторы "Коммунар 3-90", оборудованные газогенераторами "СЛМ-1"

2) Максатихинская лесомашинная станция с газогенераторными тракторами "Коммунар" 50 и 90 л.с. с дровяными газогенераторами Декаленкова.

3) На Лососинской автобазе "Кареллес" были проведены работы ЦНИИМЭ по вывозке леса по авто-лежневой дороге на 2-х газогенераторных автомашинах ЗАЗ-ЯА 1,5 тонн, в течение зимнего сезона 33/34 года.

Машины были оборудованы газогенераторами Декаленкова тип "D-6".

4) "Ленлес" Ракинтинская база - имела на вывозке 5 шт. газогенераторов и тракторов "Рено", однако, оказавшись неработоспособными вследствие ряда конструктивных недостатков газогенераторов и тракторов "Рено" и организационных неполадок на базе /отсутствие хорошего угля, нехватка квалифицированных трактористов и др./

5) В северном крае работают на Чельмоховской тракторной базе "Севлеса" 2 трактора "Сталинец 60" с газогенераторами Декаленкова.

Принципы работы газогенераторов.

Газ, вырабатываемый газогенераторами меньшей калорийности по сравнению с калорийностью бензиновой смеси, вследствие чего двигатель развивает меньшую мощность чем на жидком топливе. Так бензиновая смесь, с воздухом имеет калорийность одного куб. метра около 750 кал/мет<sup>3</sup>, тогда как газовая только 500 кал/мет<sup>3</sup>, т.е. нехватает 250 кал. на каждый куб. метр.

Поэтому всякий генератор, будучи поставлен на автомашину или трактор, понижает мощность примерно на 30%. Для устранения этого недостатка двигатели переделывают, увеличивают степень сжатия, изменяют газораспределение и этим путем можно добиться получить мощность на газе почти такую же как и на бензине.

Советские и импортные газогенераторы работают в основном на двух родах топлива; на дровах и на древесном угле, промежуточное значение занимают газогенераторы, рассчитанные для работы на угольных брикетах (прессованный древесный уголь) и на торфу. Брикетное топливо занимает прочное место в будущем, как основное газогенераторное топливо, имеющее много преимуществ по сравнению с обычным древесным топливом (отсутствие гидроскопичности, большая калорийность единицы веса, компактность и др.). В качестве топлива для дровяных газогенераторов применимы дрова любой породы в виде распиленных или раздробленных чураков, размером в среднем 50 x 60 x 70 мм.

Любой автомобильный или тракторный двигатель может быть приспособлен для работы на древесном топливе, без существенных переделок. Двигатель, работающий на твердом топливе, работает благодаря применению газогенератора, представляющего из себя печь, в которой происходит горение топлива с недостатком воздуха, вследствие чего газогенератор вырабатывает генераторный газ, состоящий в основном из угарного газа и других газов, которые поступают в двигатель. Таким образом, твердое топливо превращается в газогенераторе в газообразное топливо, на котором может работать всякий двигатель внутреннего сгорания.

При пуске двигателя для работы на генераторном газе необходимо сначала пустить двигатель на бензине, разжечь генератор и далее постепенно подавать смешанный с воздухом генераторный газ в двигатель, и уменьшая подачу бензиновой смеси, переводят работу двигателя на генераторный газ. Вся процедура разжига генератора и перевода на газ занимает 15-20 мин., причем расход бензина составляет 7-8 литра для трактора "Коммунар" 50 л.с.

Обслуживание газогенераторного трактора сложнее нежели бензинового трактора. Необходимо для работы на генераторном тракторе 2 чел. - водитель и помощник, на обязанности которого необходимо возложить уход за газогенератором, как-то, загрузку топливом, очистку от золы и сажи очистителей и др. Горение дров и газообразование происходит автоматически без всякого вмешательства водителя. Единственной заботой за газогенератором во время его работы необходимо в наблюдении за правильностью чередования загрузки, топливом шахты генератора через 1,5-2 часа. Во время загрузки шахты двигатель не останавливают. Загрузка требует 1/2-1 мин., так как обычно загружают генератор дровами из мешка, заранее приобработанного с топливом.

## II. ТЕОРИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ.

Существующие конструкции легких газогенераторов для автомашин и тракторов предназначены для сжигания древесного и древесно-угольного топлива, с малым доступом воздуха - обеспечивающие неполное сгорание топлива для получения генераторного газа. Транспортные газогенераторы так же, как и стационарные, работают по двум основным схемам газификации твердого: 1) по схеме прямого горения, 2) по схеме обратного или опрокинутого процесса горения. Древесно-угольные газогенераторы могут работать прямым и обратным процессом горения, древесные газогенераторы существующих конструкций работают только обратным процессом горения. Основное отличие обратного процесса от прямого заключается в различном направлении движения газов, в прямом процессе движения газов (воздуха и генераторного газа) происходит в направлении снизу вверх (см. рис. № 1), (топливо горит внизу генератора, как в печи), а при обратном горении газы движутся наоборот (см. рис. № 2 и № 3) (топливо горит сверху, а газы двигателем отсасываются вниз сквозь зону горения). Схема процесса газобразования в шахте генератора разлагается на 4 основные зоны: I - зона окисления; - углерод топлива соединяется с кислородом поступающего первичного атмосферного воздуха, при этом образуется углекислый газ (угольный ангидрид) по следующей химической реакции:  $C + O_2 = CO_2 + 97640 \text{ кал.}$ , 12 кг. углерода соединяются с 32 кг. кислорода, образуя 44 кг. углекислоты и выделяется 97640 кал. На 1 кг. углерода выделяется = 810 кал/кг. Количество 32 кг. соответствует цифре молекулярного веса, называется килограмм-молекула или моль, который занимает объем при +15° C и 1 атм. = 24,4 м<sup>3</sup>.

II. Зона раскисления или восстановления. Через слой раскаленного угля, получающегося в процессе сгорания дров или древесного угля в I зоне, проходит углекислый газ из I зоны, соединяется с раскаленным углеродом II зоны, образуя окись углерода (угарный газ) "CO" по следующей реакции:  $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO - 38360 \text{ кал.}$  или  $44 \text{ кг. } CO_2 + 12 \text{ кг. } C \rightleftharpoons 2,28 \text{ кг. } CO - 38360 \text{ кал.}$ , т.е. на разложение 1 кг. CO<sub>2</sub> затрачивается  $38360 : 44 = 870 \text{ кал.}$

Данная реакция неустойчивая и достигается только при правильном режиме работы газогенератора, который зависит от качества топлива, влажности, нормальной тяги и др. На процессе поглощения углекислым газом углерода из угля расходуется значительное количество тепла.

Кроме получения окиси углерода "CO" из углекислоты в II зоне происходит диссоциация водяных паров, попадающих в

II зону за счет влажности топлива. Процесс разложения водяных паров может происходить по двум реакциям: при низких температурах примерно до 1000° C реакция идет по формуле:  $2H_2O + C \rightleftharpoons CO_2 + 2H_2 - 17470 \text{ кал.}$ , а при реакции высоких температур более 1000° C. -  $H_2O + C \rightleftharpoons CO + H_2 - 28.200 \text{ к.}$  Таким образом водяные пары разлагаются на водород и кислород, который соединяется с углеродом топлива. Кислород образует при низких температурах углекислый газ, а водород остается инертным. При высоких температурах из соединения кислорода с углеродом образуется окись углерода (угарный газ), а водород также остается инертным.

III - зона коксования - Происходит сухая перегонка топлива или коксование, при чем выделяются смолистые вещества, деготь и газ метан "C H<sub>4</sub>".

IV. зона подсушка и испарения - В IV зоне идет выделение паров воды из топлива, имеет место выделение легких газов (летучих). Схема расположения этих зон в газогенераторах прямого и обратного горения показаны на рис. № 1 № 2.

При прямом процессе генераторный газ при выходе из шахты генератора содержит смолистые вещества (при работе на дровах), которые хотя и являются ценными продуктами, но при попадании в двигатель образуют налеты и засматывают клапаны и др. части двигателя. При обратном горении смолистые вещества проходят сквозь раскаленную зону горения, разлагаются от действия высокой температуры, и таким образом генераторный газ очищенный от смол поступает через ряд очистителей в двигатель. Газогенераторы, работающие на топливе, не содержащем смолистых веществ, можно строить с прямым процессом горения, однако в случае плохого прожженного угля смолистые вещества могут выделяться вместе с генераторным газом и засмолят двигатель, поэтому современные советские легкие газогенераторы почти исключительно построены по схеме обратного горения. При обратном процессе из IV зоны попадают пары воды в зону коксования, окисления и восстановления, частично разлагаются, отдают кислород углероду, а чистый водород остается свободным. При прямом горении из IV зоны подсушки пары воды поступают вместе с генераторным газом в двигатель. При обратном процессе газификации водяной пар попадает в двигатель только при его избытке или при низких температурах горения.

### Процесс превращения твердого топлива в газообразное.

Ведя процесс газогенерации твердого топлива воздушно-сухим процессом (для абсолютно сухого топлива), мы вынуждены для того, чтобы получить 1кг.-молекулу (24,4 куб. м.

газа при +15°C и 1 атм. давления) окиси углерода "CO", имеющую теплотворную способность 1 куб. м 2800 кал./м<sup>3</sup>, или теплотворность одной кгр.-мол. = 24,4 × 2800 = 68200 кал., затратив 39000 кал. тепла.

При сжигании 1 кгр. углерода выделяется теплота в среднем равная 8100 кал./кг. Молекулярный вес углерода C = 12, т.е. теплотворность одной кгр.-молекулы углерода составит Q<sub>топ.</sub> = 8100 × 12 = 97200 кал./кг. мол. Следовательно коэффициент полезного действия идеального газогенератора при условии, что весь углерод топлива превращается в окись углерода "CO", будет:

$$\eta_0 = \frac{Q_{\text{газа}}}{Q_{\text{топлива}}} = \frac{68200}{97200} \approx 0,7 \dots \dots \dots (1)$$

Рассматривая газ, полученный в результате газификации твердого топлива, мы можем написать 2 уравнения состояния генерат. газа: CO + N = 1 м<sup>3</sup> (2), т.е. в одном кубометре идеального генераторного газа содержится окись углерода и азот. Содержание азота в воздухе определяется уравнением

$$N = \frac{79}{21} O_2 \dots \dots \dots (3)$$

Молекулярный вес окиси углерода и азота почти одинаковы, поэтому при идеальной газификации можно принять, что на 1 молекулу окиси углерода приходится одна молекула азота. Содержание азота в газогенераторном газе будет в зависимости от "CO"

$$N = \frac{79}{21} 0,5 CO \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{или: } CO = 1 - \frac{79}{21} 0,5 \cdot (1 - N)$$

Решая два уравнения

| - | и | - | находим объемное содержание окиси углерода в идеальном генераторном газе: воздушно-сухого процесса:

$$\begin{cases} CO + N = 1 \\ N = \frac{79}{21} \cdot 0,5 CO \end{cases} \quad \left| \quad \frac{79}{21} \cdot 0,5 CO = 1 - CO \right.$$

$$CO = \frac{42}{79 + 42} = 0,347 \text{ м}^3, \text{ следовательно азота будет } N = 1 - 0,347 = 0,653 \text{ м}^3$$

Зная процентное содержание в газовой смеси других газов, как то: метан, водород и др., можно определить теплотворную способность генераторного газа. В нашем примере для воздушно-сухого процесса теплотворная способность 1 куб. м. генераторного газа, состоящего из 34,7% CO и 65,3% N составит;

H<sub>и</sub> = 2800 · 0,347 = 971 кал./м<sup>3</sup>, где 2800 кал. теплотворность 1 м<sup>3</sup> CO. Для определения теплотворной способности 1 моля (кгр.-молекулы) генераторного газа можно пользоваться данной ф-лой и таблицей №1.

H<sub>и</sub> = 68.000 · CO + 68.200 · H<sub>2</sub> + 213800 · CH<sub>4</sub>, где CO, H<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub> берутся в объемных долях от состава генераторного газа.

Для определения теплотворности 1 м<sup>3</sup> газа необходимо H<sub>и</sub> разделить на 24,4. Теплотворная способность газовой смеси с воздухом поступающей в двигатель, при коэффициенте избытка воздуха α = 1, т.е. на 1 часть генераторного газа необходимо для сгорания 1 часть воздуха, составит:

$$H'_и = \frac{H_и}{(1 + \alpha)} = \frac{971 \cdot 0,5}{1} \approx 485 \text{ кал./м}^3$$

Теплотворная способность бензиновой смеси с воздухом будет H'<sub>и</sub> = 750 кал./м<sup>3</sup>, т.е. примерно потеря теплотворности на рабочей смеси, а следовательно соответственно и мощности двигателя составит 30-40%. При паровоздушном процессе газификации, газ имеет состав: CO + H<sub>2</sub> + CO<sub>2</sub> + N = 1, т.е. в куб. мет. имеются смесь, состоящая из: окиси углерода, водорода, углекислого газа и азота. Теоретический коэффициент полезного действия газогенераторного паровоздушного процесса определяется из отношения теплотворной способности газа H<sub>газ</sub> и теплотворной способности углерода топлива "H<sub>уг.</sub>", пошедшего на газификацию.

$$\eta_0 = \frac{H_{\text{газ}}}{H_{\text{уг.}}}$$

Теплотворность генерат. газа находим по ф-ле H<sub>газ</sub> =  $\frac{1}{24,4} \times (68.000 CO + 682.000 CO_2)$  кал./м<sup>3</sup>. Теплотворность топлива, пошедшего в газ по углероду, находим из следующих соображений, в 1 м<sup>3</sup> газа будет содержаться углерода

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

теплотворность топлива составит H<sub>топл.</sub> =  $\frac{12}{24,4} (CO + CO_2) \times 97640 / 12$ .

Составные части генераторного газа (CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> и др.) берутся в объемных процентах. Коэффициент полезного действия генератора при макро-воздушном процессе будет:

$$\eta_0 = \frac{H_{\text{газ}}}{H_{\text{топл.}}} = \frac{24,4 (68000 \cdot CO - 68200 \cdot CO_2) \cdot 12}{24,4 [CO + CO_2] 97640} = 0,697 \cdot \frac{CO + 1,003 H_2}{CO + CO_2}$$

Решить практически это ур. | - | с 3-мя неизвестными можно только, задаваясь ими или зная из практики содержания в генераторном газе не менее 2-х известных, например CO и CO<sub>2</sub>, в этом случае можно определить остальные неизвест-

ные составляющие генераторного газа.  
 Коэффициент полезного действия газогенератора определяется из отношения теплотворной способности газа к теплотворной способности топлива и составляет около 0,7. При воздушном-сухом процессе газоброобразования водород "H" не содержится в генераторном газе, в этом случае к.п.д. генератора ур. ср-лы / - / определится  $\eta_0 = 0,697 \frac{CO}{CO+CO_2} \dots \dots \dots / - /$ , при идеальном случае газоброобразования, когда весь углерод топлива перейдет в окись углерода, к.п.д. генератора будет равен

$\eta_{0\max} = 0,697 \cdot \frac{CO}{CO+O} = 0,697$ . В действительности всегда в газе имеется "CO<sub>2</sub>", следовательно к.п.д. генератора будет уменьшаться с увеличением содержания углекислоты в газе. Максимальное содержание окиси углерода при воздушно-сухом процессе мы получили из ур. равным 34,7%. В действительности газ всегда содержит 10-12% углекислого газа, следовательно генераторный газ будет иметь максимально 20-22% окиси углерода.

В данной таблице № приводится состав генераторного газа, полученный путем анализа существующих авто-транспортных газогенераторов.

Конструкция газогенерат.	Топливо	Относит. влажн. % топлива	Состав газа по объему в %						Теплотворная способность 1 м <sup>3</sup> газа в кал.
			CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
1. Берлице	Береза	11,5	18,3	10,6	15,1	5,25	1,61	49,14	1394
2. ---	---	32,0	15,15	13,33	14,0	2,65	1,85	53,0	1048
3. ---	Дуб	15,5	14,55	13,24	11,85	6,55	0,73	53,08	1306

Задача: Определить теоретический к.п.д. и экономический к.п.д. газогенератора  $\eta_0$  и  $\eta$ , зная что теплотворная способность угля  $H_u = 7000$  кал/кг., а выход газа с 1 кг. топлива составляет 4,9 м<sup>3</sup>. Газ имеет следующий состав: H<sub>2</sub> = 10%; CO = 25%; CO<sub>2</sub> = 5% и N<sub>2</sub> = 60%.

Теоретически к.п.д. определяется ур.

$$\eta_0 = 0,697 \cdot \frac{CO + 1,003 \cdot H}{CO + CO_2} = 0,7 \cdot \frac{25 + 1,003 \cdot 10}{25 + 5} = 0,82$$

Экономический к.п.д. газогенератора определяется отношением теплотворной способности генераторного газа "H<sub>газ</sub>" к теплотворной способности рабочего топлива "H<sub>топ</sub>"

$$\eta_0 = \frac{H_{газ}}{H_{топлива}} = \frac{(68.000 \cdot 0,25 + 68200 \cdot 0,10) 4,9}{24,4 \cdot 7000} \approx 0,7$$

Коэффициент полезного действия газогенератора зависит от режима газоброобразования, последний зависит от температуры горения топлива. Зависимость между температурой в зоне горения генератора и составом генераторного газа характеризуется кривой Брауна (см. рис. №4). По этой кривой, зная температуру в зоне горения генератора, можно определить процентное содержание углекислого газа "CO<sub>2</sub>" и окиси углерода "CO".

Зависимость между окисью углерода (угарный газ) "CO" и углекислотой можно пользоваться таблицей №. Малве и диаграммой рис. №5. В этой диаграмме по оси ординат отложены объемные проценты содержания в газе углекислоты, а по оси абсцисс объемное содержание угарного газа. Так например зная, что в газе имеется 10% "CO<sub>2</sub>" по диаграмме находим содержание "CO" равное 18%.

Таблица Малве.

	CO%	CO <sub>2</sub> %
1000°	33	0,2
900°	32	0,5
800°	29	2,6
700°	23	6,2
600°	12	12,8

Состав генераторного газа зависит от степени разряжения в генераторе, создаваемого всасыванием двигателя; при равномерном разряжении или тяге газогенераторный процесс имеет устойчивый характер. Правильный режим газоброобразования в шахте зависит от периодической равномерной загрузки топливом бункера газогенератора, отчего происходит нормальная осадка топлива по мере его сгорания. При образовании пустот в зоне

горения генератора невозможно получить правильное, надежное газоброобразование. Желательно, чтобы топливо в генераторе лежало как можно плотнее, при большей плотности процесс газификации происходит равномернее и устойчивее. Газогенератор во время движения работает более надежно, нежели когда он находится в стационарных условиях работы, т.к. топливо хуже осаждается, приходится применять искусственную тягу газогенератору или производить шуровку топлива. Особенно ненадежно работают газогенераторы небольших мощностей до 40 л.с. в стационарных условиях, без применения искусственных мер содействующих равномерной осадке топлива.

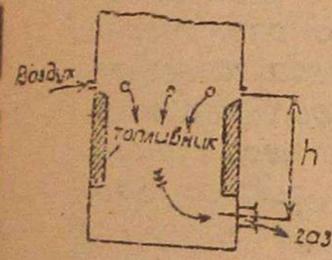
Для устранения провалов и пустот в генераторе, желательно, чтобы топливо лежало плотнее, для этого оно должно иметь форму кубиков или шаров. Дробяные чурки применяются для газификации, должны иметь определенные и возможно одинаковые размеры, например 80 x 80 x 80 мм. или 50 x 50 x 50 мм. Зависимость от величины сечения зоны горения газогенератора. Завис-

та плохо отражается на процессе газификации неравномерность раз-  
меров кусков топлива, отчего нарушается плотность укладки, обра-  
зуются "своды" и пустоты, нарушающие правильный процесс газо-  
образования.

Реакция газификации углерода в окись углерода:  $C + CO_2 \rightleftharpoons 2CO$ ,  
протекает только при высоких температурах и имеет характер  
неустойчивого равновесия, поэтому возможна обратная реакция,  
т.е. превращение окиси углерода в угольную кислоту и воду. Для унич-  
тожения обратной реакции, получаемой из шахты, генераторный  
газ необходимо быстро отвести, или другими словами он должен  
быть "закален". Стационарные газогенераторные установки для  
"закалки" или быстрого охлаждения газа имеют специальные охла-  
дильные устройства (змеевики, промывка газа холодной водой и др.).  
В авто-тракторных газогенераторных установках необходимо так-  
же устраивать быстро действующие охладители газа для его  
"закалки" и для конденсации паров воды, находящейся в генера-  
торном газе.

### Высота активной зоны.

Процесс газобразования твердого топлива зависит от высоты  
активной зоны горения "h", т.е. расстояния от центра фурменного  
порца (место подачи первичного воздуха в зону горения генератора)  
до центра отбора газа (при обратном процессе горения). Точных  
расчетов высоты активной зоны до настоящего времени не существу-



ют, имеются ряд попыток напр.: инж. Чернотор-  
дика, однако теоретические расчеты мало совпа-  
дают с данными практики. Высота активной  
зоны горения должна быть такой, чтобы обеспе-  
чить время пребывания генераторного газа, пот-  
ребное на диссоциацию водяных паров и вос-  
становление окиси углерода. Если высоту "h"  
сделать малой, что желательно, исходя из кон-

пактности генератора, то реакции восстановления и диссоциации  
не успеют протекать нормально, газ будет содержать большое ко-  
личество углекислоты. При большой величине "h", увеличивается  
габариты газогенератора, что нежелательно с конструктивной  
точки зрения. По данным практики наилучшие результаты дает  
высота активной зоны;

- а) Для антрацита  $h = 200 - 250$  мм.
- б) Для древесного угля  $h = 350 - 500$  мм.
- в) Для древесного топлива  $h = 350 - 400$  мм.

### Напряженность зоны горения газогенератора.

Напряженность зоны горения газогенератора называется коли-  
чество сжигаемого топлива в кг. на 1 кв. мет. сечения фурменного пор-  
ца газогенератора в 1 час. От напряженности зоны горе-

ния зависит температура сгорания топлива, а следовательно и процесс  
газообразования. При небольшой напряженности понижается темпе-  
ратура сгорания топлива, отчего сложные вещества разлагаются  
не все (в случае обратного процесса), при слишком большой напря-  
женности горения, сечение топливника получается узким, отчего  
затрудняется подача топлива, образуются пустоты, и газообразо-  
вание нарушается. Практика показала следующие данные напряжен-  
ности горения для транспортных газогенераторов.

- 1. Для древесно-угольных = 200 - 300 кг./м<sup>2</sup> в час
- 2. Для древесных = 600 - 800 кг./м<sup>2</sup> в час.

Существующие газогенераторы имеют следующие напряженности  
горения:

Газогенераторы Декаленкова "Д-6" и "Д-8" для дров	550-600 кг/м <sup>2</sup> ч.
Газогенератор "Берлие" для дров	800 кг/м <sup>2</sup> час.
Газогенератор "СЛМ-1" для древесного угля	150 кг/м <sup>2</sup> час.

### Тепловой баланс газогенератора.

Тепловой баланс газогенераторного процесса характеризуется  
следующим уравнением:  $B \cdot Q_u = \mathcal{B} \cdot h_u + q_{th} + \Sigma \Delta q$

- где  $B$  = количество сжигаемого топлива кг. в час.
- $Q_u$  = теплотворная способность топлива в кал/кг.
- $\mathcal{B}$  = количество получаемого газа в м<sup>3</sup> час.
- $h_u$  = теплотворная способность газа в кал/м<sup>3</sup>
- $q_{th}$  = количество теплоты, необходимое для превращения твер-  
дого топлива в генераторный газ в кал.
- $\Sigma \Delta q$  = сумма потерь газогенераторного процесса в кал.

Теплота "q<sub>th</sub>" необходимая для превращения твердого топлива  
в газообразное находится по ур.

$$q_{th} = B \cdot Q_u \cdot (h_0 - h_3) \dots \dots \dots (-)$$

- где  $h_0$  = теоретический к.п.д. газогенераторного процесса, опреде-  
ляемый ур. / / для воздушно-сухого процесса и ур. для  
паровоздушного процесса.
- $h_3$  = экономический к.п.д. газогенератора (см. стр. )

Сумма потерь "ΣΔq", состоящая из тепловых потерь на луче-  
испускание газогенератора, механические потери топлива и др.  
находится после подведения теплового баланса, как разность меж-  
ду полученной теплотой от сгоревшего топлива, полученной теп-

лотой в газе и теплотой, необходимой для превращения твердого топлива в газообразное, т.е. по ф-ле / , написанной в виде:

$$\Sigma_{до} = B \cdot Q_u - D \cdot h_u - q_{th}$$

**ПРИМЕР:** Составить тепловой баланс газогенератора, дающего газ в количестве 150 куб. м. в час, объемным составом:  $CO = 19,6\%$ ;  $CO_2 = 14,3\%$ ;  $H_2 = 10,7\%$ ;  $N_2 = 55,4\%$ . Если газогенератор сжигает в час 30 кг. древесного угля теплотворной способностью 7000 кал/кг.

Находим теплотворную способность одной килограмм-молекулы газа по ф-ле /  $H_u = 68.000 \cdot CO + 68.2000 \cdot H_2 + 213.800 \cdot CH_4 = 68000 \cdot 0,196 + 68200 \cdot 0,107 + 213.800 \cdot 0 = 13330 + 7300 = 20.630$  кал/мол. Калорийность 1 м<sup>3</sup> газа при +15° Ц. и 760 мм. рт. столба составит:

$$h_u = \frac{20630}{24,4} = 850 \text{ кал./м}^3$$

Далее находим количество калорий, ушедшее на превращение древесного угля в газообразное состояние по ф-ле:

$$q_{th} = B \cdot Q_u \cdot (h_0 - h_2) - \text{здесь неизвестны нам } h_0 \text{ и } h_2,$$

находим  $h_0$  по ф-ле;  $h_0 = 0,697 \frac{CO + 1,003 \cdot H_2}{CO + CO_2} = 0,697 \frac{19,6 + 1,003 \cdot 10,7}{19,6 + 14,3}$

$$= 0,885; \quad h_2 = \frac{h_u \cdot B}{Q_u} = \frac{850 \cdot 30}{7000} = 0,608$$

$$q_{th} = 30 \cdot 7000 (0,885 - 0,608) = 58.000 \text{ кал.}$$

Сумма тепловых потерь газогенератора находится след. ур.

$$\Sigma_{до} = B \cdot Q_u - D \cdot h_u - q_{th} = 30 \cdot 7000 - 150 \cdot 850 - 58.000 = 210.000 - 127.500 - 58.000 = 24.500 \text{ кал.}$$

Тепловой баланс, для данного газогенератора состоит из следующих тепловых затрат:

1. Теплота генераторного газа = 127.500 кал. - 60,8%
2. Теплота, потраченная на превращение 150 кг. угля в газ = 58.000 кал. - 27,6%
3. Теплота лучеиспускания, механич. потерь топлива от не-полного сгорания топлива и др. - 24.500 кал. - 11,6%

**Всего = 100%.**

Теплотворность 150 кг. угля затраченного на газификацию 210.000 кал. - 100%

### Термохимический расчет газогенератора.

Термохимический расчет газогенератора производится по составу генераторного газа, полученного из данных анализа газа существующих конструкций газогенераторов. При расчете газогенератора рекомендуется пользоваться приведенной таблицей № , в которой приводятся основные моменты газификации углерода топлива.

При сгорании углерода "С" при +15° Ц. 1 атм.	Углерода "С" в гр. или пара в грам.	Кислорода "O <sub>2</sub> " в лит.	Азота в лит.	Всего воздуха в лит.	"CO <sub>2</sub> " и "CO" лит.	Выделено калорий	Водорода H <sub>2</sub> в лит.	Израсходовано калорий на распад H <sub>2</sub> O
В "CO <sub>2</sub> " с воздухом	1 гр.	2,03	7,65	9,68	2,03	8,14	-	-
В "CO" ---	1 "	1,02	3,82	4,84	2,03	2,45	-	-
При реакции в высоких температурах пары "H <sub>2</sub> O" разлагаются: C + H <sub>2</sub> O = CO + H <sub>2</sub> - 2350 кал.	1 гр. 1,5 гр. пара	1,02	-	-	2,03	2,45	2,03	4,80 или на 1 гр. пара = 3,20
При реакции в низких температурах пары "H <sub>2</sub> O" разлагаются: C + 2 H <sub>2</sub> O = CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> - 1435 кал.	1 гр. 3 гр. пара	2,03	-	-	2,03	8,14	4,06	9,60 или на 1 гр. пара = 3,20 кал.

По данной табличке можно вести термохимический расчет газогенераторного процесса, зная химический состав топлива, идущего на газификацию.

Таблица молекулярных весов и объемов.

	C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воз- дух	CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
	1. Молекулярные веса.	12	16	28,08	29	28	44	2,016
2. Удельн. веса при 1 атм., +15° Ц в гр./дм <sup>3</sup>	1400- 1700	1,312	1,150	1,188	1,148	1,813	0,0827	0,657
3. Удельн. объемы при 1 атм. и +15° Ц в дм <sup>3</sup> /гр.	-	0,763	0,871	0,842	0,870	0,551	12,13	1,521

Выход генераторного газа из 1 кг. топлива.

Топливо	Выход газа в м <sup>3</sup>
Дрова	2,2 - 3
Древесный уголь	4 - 6
Морф	2 - 2,5

Химический состав топлива.

Газогенераторное топливо в основном состоит из 4-х главных элементов углерода "С", водорода "Н<sub>2</sub>", кислорода "О<sub>2</sub>" и азота N<sub>2</sub>. Древесный уголь содержит до 85-90% углерода, в химический состав дров в среднем входит до 50% углерода "С".

В приводимой таблице помещены химические составы древесных пород.

Таблица №

Породы	Состав органической массы дров			Теплотв. орган. масс дров Q <sub>орг.</sub>	Вес дров при аб-солютно сухом состоян. 1 м <sup>3</sup> в кг.	Вес дров при влаж-ности W = 25% 1 м <sup>3</sup> в кг.	Вес древе-синь в воз-душно-сух. мас-се 1 куб. мет. в кг. W = 15%
	Угле-род "С"	Водо-род Н <sub>2</sub>	Кислород + Азот O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> (2)				
Дуб	50%	6,05%	43,95%	4390 ккал/кг.	405 кг/м <sup>3</sup>	540 кг/м <sup>3</sup>	760
Береза	49,4	6,3%	44,3	4460	354	472 "	660
Липа	49,4	6,8	43,8	-	-	-	490
Осина	50,3	6,3	43,4	4400	270	363	515 кг.

201. 202, m: 100

Породы	Состав органической массы дров			Теплотв. орган. масс дров Q <sub>орг.</sub>	Вес дров при аб-солютно сухом состоян. 1 м <sup>3</sup> в кг.	Вес дров при влаж-ности W = 25% 1 м <sup>3</sup> в кг.	Вес древе-синь в воз-душно-сух. мас-се 1 куб. мет. в кг. W = 15%
	Угле-род "С"	Водо-род Н <sub>2</sub>	Кислород + Азот O <sub>2</sub> + N <sub>2</sub> (2)				
Осина	-	-	-	4560	287	388	540
Ель	49,6	6,4	44,0	4510	253	346	490
Средн.	49,85	6,35	43,8	4450	-	-	-

Теплотворная способность рабочего топлива определяется по ф-ле.

$$Q_{и} = \frac{100 - B}{100} \cdot Q_{орг.} - BW \dots \dots \dots / - /$$

где "B" = баласт в % от общего веса 1 кг. топлива

$$B = W + A + S$$

W = % количества влаги в топливе

A = процентное содержание золы в дровах составляет = 0,7 - 2%

S = содержание серы = 0

Пример: Определить химический состав и выход генераторного газа из 1 кг. древесного угля путем теоретических расчетов, пользуясь таблицей №.....

Состав древесного угля:

Углерода "С"	= 820 гр.
Кислорода O <sub>2</sub>	= 40 гр.
Воды H <sub>2</sub> O	= 100 гр.
Водорода H <sub>2</sub>	= 15 гр.
Азота N <sub>2</sub>	= 5 гр.
Зола A	= 20 гр.
----- 1000 гр.	

При образовании генераторного газа примем выход его из генератора при температуре + 800° Ц. При данной температуре, согласно таблицы Молве №..... соотношение между "CO<sub>2</sub>" и "CO" соответствует CO<sub>2</sub> = 29% и CO = 2,6%.

- (1) Данные взяты из книги Курша К.В. Заводские топки 11ч.
- (2) Содержание азота "N<sub>2</sub>" определяется в 0,7 - 1,0%.

Предположим, что 10 гр. углерода "С" перейдет в метан "CH<sub>4</sub>", образуя 20,3 дм<sup>3</sup> метана "CH<sub>4</sub>". На образование из 1 грамма углерода "С" в метан "CH<sub>4</sub>" требуется затратить 1/3 гр. водорода "H<sub>2</sub>" (топлива), т.к. молекула метана состоит из 12 весовых частей углерода и 4 весовых частей водорода, имея молекулярный вес 16, иначе говоря на 1 грамм углерода затрачивается

300. 302, m: 100

при химической реакции  $4/12 = 1/3$  грамма водорода " $H_2$ ", эта часть " $H_2$ " занимает объем при  $+15^\circ C$  и 1 атм.  $= 1/3 \times 12,13 \approx 4,05$  дм.<sup>3</sup> - газ 12,13 дм.<sup>3</sup>/гр. удельный объем " $H_2$ ". Метан " $CH_4$ ", полученный в результате химической реакции 1 гр. углерода, будет иметь вес 7 гр. С +  $1/3$  грамма " $H_2$ " =  $1/3$  грамма " $CH_4$ ". Объем, занимаемый этим количеством метана, при данных температуре и давлении равен  $= 1/3 \times 1,522 = 2,03$  дм.<sup>3</sup>. Где 1,522 дм.<sup>3</sup>/гр. есть удельный объем метана " $CH_4$ ", следовательно 10 грамм углерода в 10 раз даст больше метана, равное  $10 \times 2,03 = 20,3$  дм., чем мы получили с 1 грамма углерода. Для уяснения и наглядности приведем весь расчет в таблице №..... методом проф. Б.П. Карпова.

Состав древесного угля.	Полученные продукты	Удельный вес топлива "С"	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воздух	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	Получено или затрачено калорий
		грамм			в куб. дм.					
C = 820 гр.	В Метан " $CH_4$ "	10	-	-	-	-	-	$10 \times 2,03 = 20,3$	-	-
O <sub>2</sub> = 40 гр. своб.	В CO <sub>2</sub>	51	$51 \times 2,03 = 104$	$51 \times 7,65 = 494$	$51 \times 9,68 = 498$	-	$51 \times 2,03 = 104$	-	-	$51 \times 8,14 = +415$
O <sub>2</sub> = 88,9 гр. своб. H <sub>2</sub> = 11,1 гр. своб.	В CO с кислородом топлива	98: :1,02 = 96	$128,9 \times 1,02 = 131,5$	-	-	$96 \times 2,03 = 195$	-	-	-	$96 \times 2,45 = +235$
H <sub>2</sub> = 16 гр. своб.	В CO с воздухом	663	$663 \times 1,02 = 676$	$663 \times 3,82 = 2544$	$663 \times 4,84 = 3220$	$663 \times 2,03 = 1350$	-	-	-	$663 \times 2,45 = +1630$ кал.
N <sub>2</sub> = 5 гр.	Свободн. H <sub>2</sub> = 15 - 10/3 = 11,64	-	-	-	-	-	-	-	$11,64 \times 12,13 = 142$	-
Зола 20 гр.	N <sub>2</sub> = 5 гр.	-	-	$5 \times 0,871 = 4$	-	-	-	-	-	-
	Разложение водяного пара 100 гр.	-	-	-	-	-	-	-	$11,1 \times 12,13 = 135$	$100 \times 3,20 = -320$
Всего = 1000 гр.		820 гр.	878	3042	3718	1545	104	20,3	277	+1960 кал.

Выход генераторного газа, согласно итога таблицы №..... следующий: CO = 1545 дм.<sup>3</sup>; CO<sub>2</sub> = 104 дм.<sup>3</sup>; H<sub>2</sub> = 277 дм.<sup>3</sup>; CH<sub>4</sub> = 20,3 дм.<sup>3</sup>; и N<sub>2</sub> = 3042 дм.<sup>3</sup>, всего 4988,3 дм.<sup>3</sup> или 4,98 м.<sup>3</sup> газа получено из 1 кг древесного угля. При газификации 1 кг угля в нашем случае выделено тепла 1960 кал., часть этой теплоты была затрачена на нагревание газа от  $+15^\circ C$  до температуры образования газа примерно  $+800^\circ C$ . Следовательно затрачено тепла на нагревание газа в среднем  $= 4,98 \times 788 \times 0,312 = 1240$  кал.; где 0,312 кал./дм.<sup>3</sup> средняя теплоемкость генераторного газа. Разница  $1960 - 1240 = 720$  кал. составляет избыток теплоты, который можно было использовать на разложение добавочных паров воды, добавленных в зону горения топлива, этим методом можно получить большее содержание водорода в газе, отчего увеличится теплотворная способность газа. Объемный состав полученного генераторного газа в % следующий: CO = 31,0%; CO<sub>2</sub> = 2,1%; H<sub>2</sub> = 5,5%; CH<sub>4</sub> = 0,4%; N<sub>2</sub> = 61%. Всего 100%.

Пример: 2. Найти состав генераторного газа, полученного при газификации древесины имеющей химический состав: C = 465 гр.; H<sub>2</sub>O = 495 гр.; H<sub>2</sub> = 10 гр.; N<sub>2</sub> = 10 гр. и зола = 20 гр. Всего 1000 гр.

Для данного состава древесины проведем термохимический расчет, как и в первом примере, расположив его для удобства в таблицу №..... Часть углерода топлива сгорает в углекислый газ " $CO_2$ ", причем содержание углекислоты в генераторном газе, будет тем больше, чем ниже температура выхода газа, согласно диаграммы №..... и табл. №..... Молье. Примем, что газификация выхода генераторного газа происходит при температуре  $+800^\circ C$ . При этой температуре количество углекислоты составляет 2,6%, следовательно углерод топлива 30 гр. сгорает в CO<sub>2</sub>, часть углерода переходит в метан, примем 5 грамм.

Таблица № термохимического расчета генераторного процесса при  $+15^\circ C$  и 1 атм.

Состав древесного топлива в грам.	Полученные продукты	С	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воздух	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	Получено или затрачено калорий
		грамм			в куб. дм.					
C = 465 гр.	В метан " $CH_4$ "	5	-	-	-	-	-	$5 \times 2,03 = 10,15$	-	-
O <sub>2</sub> = 440 гр. своб. H <sub>2</sub> = 55 гр. своб.	В CO <sub>2</sub>	30	$30 \times 2,03 = 61$	$30 \times 7,65 = 230$	$30 \times 9,68 = 290$	-	$30 \times 2,03 = 61$	-	-	$30 \times 8,14 = +244$ кал.
										$+230 = 291$

Состав древесного топлива в граммах	Полученные продукты	C	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Воздух	CO	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	Получено или затрачено калорий
		грамм			г	куб.	дцм.			
	В CO с кислородом	336 : 1,02 = 330	440 x 0,765 = 336	-	-	330 x x 2,03 = 670	-	-	-	330 x 2,45 = + 810
H <sub>2</sub> = 10	В CO с воздухом	100	100 x x 1,02 = 102	100 x x 3,82 = 382	102 + + 382 = 484	100 x x 2,03 = 203	-	-	-	100 x 2,45 = + 245
N <sub>2</sub> = 10 зола - 20	H <sub>2</sub> свобод. 10 - 1,67 = = 8,33 гр.	-	-	-	-	-	-	-	8,33 x x 12,15 = 101	-
	N <sub>2</sub> = 10 гр.	-	-	10 x x 0,871 = 9	-	-	-	-	-	-
	Разложение паров воды 495 гр.	-	-	-	-	-	-	-	55 x x 12,15 = 667	495 x 3,20 = 1585 кал.
Всего 1000 гр.		465 гр.	499	621	775	873	61	10,15	768	- 286 кал.

Состав генераторного газа получен следующим:

- Окиси углерода "CO" = 873 дцм<sup>3</sup> или в %% = 37,4%
- Углекислоты "CO<sub>2</sub>" = 61 " " = 2,6%
- Водорода "H<sub>2</sub>" = 768 " " = 33,04%
- Метана "CH<sub>4</sub>" = 10,15 " " = 1,0%
- Азота "N<sub>2</sub>" = 621 " " = 26,6%

2333,15 дцм<sup>3</sup> или в %% 100%

В действительности генераторный газ имеет несколько иной состав, чем полученный нами, содержание азота в реальном газе доходит до 50-60%, также углекислота составляет в генераторном газе до 10-12%. В нашем примере получился дефицит в балансе теплоты, равной - 286 кал., что объясняется большим содержанием влаги топлива, на разложение которой затрачено 1585 кал. Кроме того необходимо еще затратить теплоту на нагревание газа от +15° до +800° С равную = 2,33 x 0,312 x |800 - 15| = 570 кал., т.е. дефи-

цит тепла составит 570 + 286 = 856 кал., который необходимо компенсировать или за счет более сухого топлива или применить к нашему топливу древесного угля, иначе газификация дров не пойдет нормально, вода полностью разлагаться не будет, понизится температура горения и увеличится процент содержания "CO<sub>2</sub>". Зная состав генераторного газа, можно произвести поверочный термодинамический расчет процесса газификации и определить все параметры, характеризующие данный процесс.

Термохимический расчет газогенератора методом "НАГИ"

Расчет газогенератора по способу "НАГИ" (иначе Мезлин) основан на известном составе генераторного газа, т.е. по химическому составу газа производится расчет всех основных элементов газогенератора и определяется выход газа, расход топлива и др. данные. Для знакомства с этим методом расчета выполним конкретный пример.

Расчет газогенератора Цекаленкова.

Объемный состав газа модели "Д-7" имеет следующий:

CO<sub>2</sub> = 9,5%; CO = 15,4%; H<sub>2</sub> = 12,0%; CH<sub>4</sub> = 2,8%; O<sub>2</sub> = 4,2%;  
N<sub>2</sub> = 66,1.

Теплотворная способность этого газа

H<sub>U</sub> = 68000 . CO + 68200 . H<sub>2</sub> + 213800 . CH<sub>4</sub> = 68000 . 0,154 + 68200 . 0,12 +  
+ 213800 . 0,028 = 10500 + 8180 + 5970 = 24650 кал/моль

Теплотворная способность 1 м<sup>3</sup> газа при +15° С и 760 мм. рт. ст.

H<sub>U</sub>' =  $\frac{H_U}{24,4} = \frac{24650}{24,4} = 1050$  кал/м<sup>3</sup>

Вес одного моля газа "G" газ находим из условия, зная веса килограмм молекул составных частей газа:

G<sub>газ</sub> = 28 . CO + 44 . CO<sub>2</sub> + 32 . O<sub>2</sub> + 2 . H<sub>2</sub> + 16 . CH<sub>4</sub> + 28 . N<sub>2</sub> =  
= 28 . 0,154 + 44 . 0,095 + 32 . 0,042 + 2 . 0,12 + 28 . 0,661 = 29,03  
кг/моль.

Удельный вес газа при +15° С и 1 атм.; γ<sub>г</sub> =  $\frac{G_{газ}}{24,4} = \frac{29,03}{24,4} = 1,19$  кг/м<sup>3</sup>

находим содержание углерода "C" в 100 молях газа:

C<sub>г</sub> = CO + CO<sub>2</sub> + CH<sub>4</sub> = 15,4 + 9,5 + 2,8 = 27,7 кг.-мол.

Количество водорода в сто молях газа будет:

H<sub>г</sub> = H<sub>2</sub> + 2 . CH<sub>4</sub> = 12,0 + 2 . 2,8 = 17,6 кг.-мол.

А также кислорода.

$$O_0 = 1/2 \cdot CO + CO_2 + O_2 = 1/2 \cdot 15,4 + 9,5 + 4,2 = 21,4 \text{ кг. мол.}$$

А также азота  $N_0 = N_2 = 66,1 \text{ кг. мол.}$

Элементарный состав 100 молей генераторн. газа получен нами на основании условия протекания химических реакций; окисль углерода состоит из 1 молекулы углерода и половины молекулы кислорода, следовательно мы вправе сказать, что количество кг. мол. углерода равно количеству кг. мол. окиси углерода, а кислорода пошла на реакцию окиси углерода в два раза меньше, т.е. половина кг. мол. окиси углерода. При реакции образования углекислоты расходуется углерод и кислород по одной молекуле, образуя молекулу углекислоты, следовательно кг. мол. углерода в углекислоте столько же, сколько кг. мол. имеет углекислоты. Точно таким же образом мы получили элементарный состав частей газа "C<sub>0</sub>", "H<sub>0</sub>" и "O<sub>0</sub>" и "N<sub>0</sub>"; знай химические реакции образования "CO", "CO<sub>2</sub>", "CH<sub>4</sub>" и т.д. Для ясности представим наглядно это в таблице:

Составные части генераторного газа	C <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	O <sub>0</sub>	N <sub>0</sub>
Окись углерода CO	CO	-	1/2 CO	-
Углекислый газ CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	-	CO <sub>2</sub>	-
Водород H <sub>2</sub>	-	H <sub>2</sub>	-	-
Кислород O <sub>2</sub>	-	-	O <sub>2</sub>	-
Метан CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	2CH <sub>4</sub>	-	-
Азот N <sub>2</sub>	-	-	-	N <sub>2</sub>

Мы получили элементарный состав генераторного газа. Обозначим весовые (в кг.) процентные соотношения для углерода дров - с, водорода топлива - h, кислорода - o, азота - n, сумма их составит 100%. Вес углерода дров, за исключением механического недожога должен перейти в генераторный газ.  $s + h + o + n = 100\%$ , для простоты расчета мы будем пренебрегать механическим недожогом топлива.

Углерода топлива "C<sub>T</sub>", прошедшего на газификацию, будет равно кг.-мол. углерода газа (пренебрегаем механическим недожогом топлива)  $C_T = C_0 = 27,7 \text{ кг.-мол.}$  Количество килограмм углерода, потраченного на газификацию будет  $C_T = 12 \cdot C_T = 12 \cdot 27,7 = 332 \text{ кг.}$ , где 12 есть вес в кг. одной кг.-молекулы углерода.

Затем находим расход водорода топлива "H<sub>T</sub>", знай элементарный состав газифицируемого дерева. Для березы имеет следующий состав: углерода = 49,3%, водорода = 6,1%, кислород 43,6%, азот = 1,0%

На основании отношений молекулярных весов состава топлива можем написать:

$$\frac{2 \cdot H_T}{12 \cdot C_T} = \frac{h}{c} \text{ или } H_T = 6 \cdot \frac{h}{c} \cdot C_T = 6 \cdot \frac{6,1}{49,3} \cdot 27,7 = 20,6 \text{ кг. мол.}$$

Также находим расход кислорода топлива, затраченного на газификацию из соотношения молекулярных весов состава органической массы дерева:

$$\frac{32 \cdot O_T}{12 \cdot C_T} = \frac{o}{c} \text{ или } O_T = \frac{3}{8} \cdot \frac{o}{c} \cdot C_T = \frac{3}{8} \cdot \frac{43,6}{49,3} \cdot 27,7 = 9,18 \text{ кг. мол.}$$

Азота "N<sub>T</sub>" топлива, израсходованного на образование 100 молей генераторного газа, находим из соотношения (молекулярный вес азота равен 28)

$$\frac{28 \cdot N_T}{12 \cdot C_T} = \frac{n}{c}; N_T = \frac{3}{7} \cdot \frac{n}{c} \cdot C_T = \frac{3}{7} \cdot \frac{1,0}{49,3} \cdot 27,7 = 0,24 \text{ кг. мол.}$$

Вес горючей массы топлива "G", затраченной на образование 100 молей газа, составляет:

$$G = 12 \cdot C_T + 2 \cdot H_T + 32 \cdot O_T + 28 \cdot N_T = 12 \cdot 27,7 + 2 \cdot 20,6 + 32 \cdot 9,18 + 28 \cdot 0,24 = 332 + 41,2 + 294 + 6,72 = 673,92 \text{ кг.}$$

Общий вес топлива, включая влагу "W" и золу "A", обозначим "G<sub>общ.</sub>", потраченного на образование 1000 молей газа.

$$G_{общ.} = G \cdot \frac{100}{100 - (A + W)} \text{ кг.}$$
 где "A" и "W" взят в процентах весовых отношений рабочего состава топлива. Примем влажность дров W = 17%, количество золы колеблется в древесине от 1-2,5%; примем A = 1,5%

$$G_{общ.} = 673,92 \cdot \frac{100}{100 - (1,5 + 17,0)} = 827 \text{ кг.}$$

Выход сухого газа из одного килограмма березы:

$$E = \frac{24,4 \cdot 100}{G_{общ.}} = \frac{2440}{827} = 2,95 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

Расход воздуха, затраченного на газификацию топлива

$$L = \frac{N_0 - N_T}{0,79} = \frac{66,1 - 0,24}{0,79} = 83,2 \text{ кг.-мол.}$$
 Вес этого воздуха:

$$L_1 = 83,2 \cdot 28,95 = 2410 \text{ кг.}$$
 где 28,95 молекулярный вес воздуха.

Вес влаги топлива:  $C'_{H_2O} = \frac{W}{100} \cdot G_{общ.} = \frac{17}{100} \cdot 827 = 140,5 \text{ кг.}$

Количество молей или килограмм - молекул влаги:

$$G_{H_2O} = \frac{G'_{H_2O}}{18} = \frac{140,5}{18} = 7,8 \text{ кг. мол.}$$

Влага, заключенная в газе в виде паров:  $H_2O = G_{H_2O} - H_0 + H_T = 7,8 - 17,6 + 20,6 = 10,8$  кг. мол.; часть влаги в генераторном газе получается за счет химического соединения водорода топлива с кислородом топлива. Количество воды, образованной химически, определяется  $H_{H_2O} = H_0 - H_T$ , где  $H_{H_2O}$  является водород, полученный из воды; причем количество кг. мол. его равно количеству кг. мол. этой воды.

Выход влажного газа из одного килограмма топлива

$$E_1 = \frac{24,4 \cdot (100 - H_2O)}{G_{общ.}} = \frac{24,4 (100 + 10,8)}{827} = 3,27 \text{ м}^3/\text{кг.},$$

находим абсолютную влажность генераторного газа "g",

$$g = \frac{18 \cdot (H_2O)}{24,4 \cdot (100 + 10,8)} \text{ кг./м}^3, \text{ где в числителе есть вес в кг. влаги газа, а в знаменателе}$$

объем в куб. мет., занимаемый 100 молями газа с влагой при +15°C и 760 мм. рт. ст.

$$g = \frac{18 \cdot 10,8}{24,4 (100 + 10,8)} = 0,072 \text{ кг./м}^3, \text{ т.е. 1 м}^3 \text{ газа содержит}$$

72 грамма воды.

Материальный баланс генераторного процесса для 100 молей газа составляется из:

I. ПРИХОД:

1. Общий вес влажного топлива = 827 кг.
2. Вес воздуха, затраченного на газификацию топлива =  $\frac{2410}{3237}$  кг.

II. РАСХОД:

1. Вес сухого генераторного газа = 2903 кг.
  2. Вес воды, находящейся в газе =  $\frac{10,8 \cdot 18}{3098} = 196$  кг.
- Имеется расхождение в балансе  $(3237 - 3098) = 139$  кг. или на  $\frac{139 \cdot 100}{3237} = 4,3\%$ , что объясняется неточным цифровым подсчетом и взятием анализа дерева не того, которое имелось при газификации.

Тепловой баланс газогенератора.

- Приход тепла: 1. При сгорании углерода в углекислоту  $CO_2$   
 $U_{CO_2} = 96720 \cdot CO_2 = 96720 \cdot 9,5 = 920000$  кал.  
 2. При сгорании углерода в угарный газ  $CO$ ;  
 $U_{CO} = 21550 \cdot (CO - H_{H_2O}) = 21550 \cdot (15,4 - 15,36) = 1140$  кал.

$$H_{H_2O} = H_0 - H_T + 2 \cdot O_T = 17,6 - 20,6 + 2 \cdot 9,18 = 15,36$$

3. Метан выделит:

$$U_{CH_4} = 21550 \cdot CH_4 = 21550 \cdot 2,8 = 58.800 \text{ кал.}$$

Расход тепла.

1. Реакция водяного газа  
 $U_{CO+H_2} = 29330 \cdot H_{H_2O} = 29.330 \cdot 15,36 = 450.000$  кал.
2. Теплота испарения воды.  
 $U_{вода} = 10710 (G_{H_2O} + 2 \cdot O_T) = 10710 (7,8 + 2 \cdot 9,18) = 173000$  кал.
3. Внешние потери на охлаждение "U<sub>охл.</sub>" генератора, которые теоретически почти не поддаются подсчету.
4. Охлаждение генераторного газа "U<sub>газ</sub>". Тепловой баланс складывается из следующих прихода и расхода теплоты:  
 $U_{CO_2} + U_{CO} + U_{CH_4} = U_{CO+H_2} + U_{вода} + U_{охл.} + U_{газ}$

В этом уравнении неизвестны "U<sub>охл.</sub>" и "U<sub>газ</sub>". Количество тепловых потерь на охлаждение генераторного газа по данным инж. Мезина теоретически составляло для газогенератора мощностью 30 л.с., U<sub>охл.</sub> = 179.000 кал. Примем эту цифру для нашего случая, хотя она и не совсем точная.

$920000 + 1140 + 58.800 = 450.000 + 173.000 + 179.000 + U_{газ}$   
 $U_{газ} = 277.940$  кал. Это количество теплоты теряется при охлаждении газа, зная среднюю теплоемкость генераторного газа сможем определить его температуру выхода из генератора. Теплоемкость 1 моля генераторного газа можно грубо принять  $C_p = 6,5 \sim 7,5$  в зависимости от температуры.

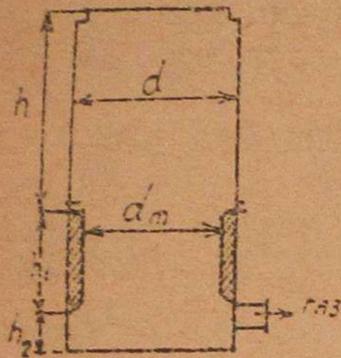
$$U_{газ} = C_p \cdot (t_{газ} - t_{воз}) \cdot (100 + 10,8) = 7,0 (t_{газ} - 15) \cdot (110,8) = 277.940 \text{ кал.}; t_{газ} = \frac{277.940 - 7,0 \cdot 15 \cdot 110,8}{7,0 \cdot 110,8} = 344^\circ C$$

Температура выхода газа для генератора Декаленкова лежит в пределах +350 ~ +400°C. В нашем расчете мы упростили подсчет "U<sub>охл.</sub>" - охлаждения генератора, однако точно рассчитать его не представляется возможным, будет неминуемая ошибка от введения всевозможных коэффициентов на лучеиспускание и др. не проверенных для данного газогенератора.

Расчет основных размеров газогенератора.

Проведем определение основных размеров газогенератора для древесного угля к двигателю, имеющему литраж  $V_n = 7$  лит., число оборотов двигателя  $n = 1200$  об/мин. желаемое число часов непре-

равной работы генератора с одной загрузкой = 4 час., обозначим диаметр бункера генератора "d", диаметр сечения топливника на уровне фурги "d<sub>m</sub>". Высота бункера "h", высота топливника "h<sub>1</sub>", и высота зольниковой коробки "h<sub>2</sub>".



Примем интенсивность горения или напряженность горения равной 250 кг/м<sup>2</sup> в час. Один килограмм угля дает 5,15 м<sup>3</sup> генераторного газа. Объем рабочей газовой смеси, при избытке воздуха α = 1,25 составит "V<sub>см.</sub>"

V<sub>см.</sub> = (1 + 1,25) · 5,15 = 11,6 м<sup>3</sup>. Расход газовой смеси в час двигателем определим по формуле 1.

$$B = \frac{V_h \cdot n \cdot 60 \cdot \eta_B}{2 \cdot 1000}; \text{ где } \eta_B = \text{коэффициент подачи им наполнения двигателя} = 0,8$$

$$B = \frac{7 \cdot 1200 \cdot 60 \cdot 0,8}{2 \cdot 1000} = 202 \text{ м}^3$$

Расход древесного угля в час составит:

$$Q = \frac{B}{V_{см}} = 202 : 11,6 = 17,5 \text{ кг/час, или за 4 часа} = 17,5 \cdot 4 = 70 \text{ кг угля.}$$

В среднем вес древесного угля 1 куб. мет. равен = 200 кг/м<sup>3</sup>

Следовательно объем бункера будет: V<sub>б.</sub> =  $\frac{70}{200} = 0,35 \text{ м}^3$

Диаметр топливника генератора находим, исходя из данных напряженности горения (17,5 кг.), т.е. количества топлива, сжигаемого в час на 1 м<sup>2</sup> площади сечения топливника на уровне фурги "5"

$$F = \frac{17,5}{250} = 0,07 \text{ м}^2$$

$$F = \frac{\pi \cdot d_m^2}{4} = 0,07 \text{ м}^2; \quad d_m = \sqrt{\frac{0,07 \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{0,089} \approx 0,3 \text{ м.}; \quad d_m = 300 \text{ мм}$$

Диаметр бункера выбираем, исходя из конструктивных соображений, равным d = 400 мм. Находим высоту бункера "h"

$$V_b = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot h}{4} = 0,35 \text{ м}^3; \quad h = \frac{0,35 \cdot 4}{\pi \cdot 0,4^2} \approx 2,8 \text{ м.}$$

Высота активной зоны (высота топливника) "h<sub>1</sub>" согласно практических данных для газификации древесного угля определяется в 35-50 см. и зависит главным образом от соображений конструктора. Высотой зольника задается h<sub>2</sub> = 25 см.

**Задача:** Определить диаметр шахты генератора и высоту бункера для древесного топлива к двигателю трактора "Сталинец 60". Двигатель имеет литраж V<sub>л.</sub> = 18,465 лит., число оборотов n = 650 об/лит. Продолжительность работы газогенератора с одной загрузкой 4 часа. Напряженность горения 600 кг/м<sup>2</sup> в час.

**Решение:** Один кг. дает в среднем 2,38 м<sup>3</sup> генераторного газа. Объем рабочей газовой смеси, получаемой с 1 кг. дров "V<sub>см.</sub>"

$$V_{см.} = (1 + \alpha) \cdot 2,38 = (1 + 1,2) \cdot 2,38 = 5,24 \text{ м}^3$$

Часовой расход газовой смеси двигателем будет: при η<sub>в</sub> = 1

$$B = \frac{V_h \cdot \eta_B \cdot n \cdot 60}{2 \cdot 1000} = \frac{18,465 \cdot 1 \cdot 650 \cdot 60}{2 \cdot 1000} = 360 \text{ м}^3/\text{час}$$

Расход дров в час =  $\frac{360}{5,24} \approx 69 \text{ кг.}$ , за 4 часа расход будет = 69 · 4 = 376 кг.

Вес сухих мелких дров колеблется от 300 до 500 кг. в зависимости от породы дерева. Находим объем бункера V<sub>б.</sub> =  $\frac{376}{500} \approx 0,75 \text{ м}^3$

Площадь сечения фурменного пояса очага, исходя из данных напряженности горения, определяем F =  $\frac{59}{600} = 0,115 \text{ м}^2$

$$\text{Диаметр топливника } d_m = \sqrt{\frac{F \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{0,115 \cdot 4}{\pi}} = \sqrt{0,147} \approx 0,383 \text{ м.}$$

d<sub>m</sub> = 380 мм.  
Диаметр бункера газогенератора выбираем d = 500 мм. и находим высоту бункера, на основании количества дров, сжигаемых генератором за 4 часа: V<sub>б.</sub> =  $\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h = 0,75 \text{ м}^3$ , или h =  $\frac{0,75 \cdot 4}{\pi \cdot 0,5^2} = 3,82 \text{ м.}$

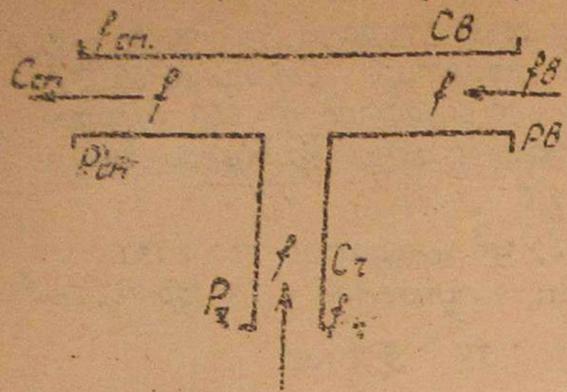
Смешение газа с воздухом.

Для сгорания газа в цилиндре двигателя необходимо его смешать с вполне определенным количеством воздуха. Смешение газа с воздухом происходит в так называемом смесителе (описание конструкции, регулировки и т.д. см. ниже).

Если воздух, поступающий в смеситель, имеет всегда атмосферное давление, то газ имеет давление всегда ниже атмосферного (т.к. последний должен пройти через генератор, очиститель и т.д.). Давление газа есть величина переменная, которая зависит от режима работы генератора, от загрязнения очистителей и т.д.

Для того, чтобы газ смешать с необходимым количеством воздуха, нужна соответствующим образом подобрать соотношения поперечных сечений газовых и воздушных каналов. Подбор данных сечений и определяется расчетом, который приводится ниже.

Применяем для расчета следующие обозначения.



- $f_v$  - площадь проходного сечения для воздуха,
- $f_g$  - площадь проходного сечения для газа,
- $q$  - отношение воздушного сечения к газовому  $q = \frac{f_v}{f_g}$ ,
- $c_v$  - скорость воздуха в сечении
- $c_g$  - скорость газа в сечении
- $K$  - отношение количества воздуха к газу в данной смеси.

На основании принятых обозначений, секундный расход воздуха и газа, выраженный в  $m^3/сек$ , будет:

$$V_v = c_v f_v \quad V_g = c_g f_g$$

Следовательно величина  $K$  определится отношением:

$$K = \frac{f_v c_v}{f_g c_g} = q \frac{c_v}{c_g}$$

Отсюда можно написать:

$$q = K \frac{c_g}{c_v}$$

Здесь величина  $K$  определяется из уравнения

$$K = \frac{d \left( \frac{1}{273} \right) T_g \cdot \gamma_g}{\gamma_v}$$

где  $d$  - действительное количество воздуха, необходимого для сгорания  $1 m^3$  газа

$$d = d_{H_2} = \frac{d}{0,21} \left( \frac{CO}{2} + \frac{H_2}{2} + CH_4 - O_2 \right)$$

$d$  - коэф. избытка воздуха  $d = 1,1 - 1,25$

$T_g$  - температура газа перед смесителем

$\gamma_g$  - удельный вес газа, определяемый по формуле

$$\gamma_g = \gamma_{CO_2} V_{CO_2} + \gamma_{CO} V_{CO} + \gamma_{CH_4} V_{CH_4} + \gamma_{O_2} V_{O_2} + \gamma_{H_2} V_{H_2} + \gamma_{N_2} V_{N_2}$$

Здесь  $V$  и  $\gamma$  - соответствующие объемы и удельные веса отдельных газов

$\gamma_v$  - удельный вес воздуха, который может быть принят при  $15^\circ C$  и  $735 mm$  рт. ст.  $\gamma_v = 1,186 kg/m^3$ .

Соответствующие скорости для воздуха и газа могут быть определены по формулам:

$$c_v = \varphi \sqrt{2g \frac{P_v - P_{см}}{\gamma_v}} \quad \text{и} \quad c_g = \varphi \sqrt{2g \frac{P_g - P_{см}}{\gamma_g}}$$

здесь  $\varphi$  - коэффициент истечения  $\varphi \approx 0,8$

$P_v$  - давление воздуха  $kg/m^2$

$P_{см}$  - давление смеси "

$P_g$  - давление газа "

Подставляя значения  $c_v$  и  $c_g$  в уравнении для  $q$ , получим

$$q = K \sqrt{\frac{P_g - P_{см}}{P_v - P_{см}} \frac{\gamma_v}{\gamma_g}}$$

С другой стороны, секундный расход смеси может быть определен по уравнению

$$V_{см} = f_v c_v + f_g c_g = f_v \left( c_v + \frac{f_g}{f_v} c_g \right) = f_v \left( c_v + \frac{c_g}{q} \right),$$

отсюда можно будет определить площадь сечения воздушного канала

$$f_v = \frac{V_{см}}{c_v + \frac{c_g}{q}}$$

Обыкновенно при расчетах давление воздуха принимают равным  $P_v = 1 \text{ ата}$ , давлением газа задаются с учетом потерь на генератор, очистители и трубопроводы, эти потери в среднем равны около  $300 - 500 mm$  вод. ст.

Более целесообразно исходить при расчете из скорости воздуха, которая колеблется около  $60 m/сек$ , а потом можно будет определить давление смеси во всасывающем трубопроводе.

В целях лучшего усвоения приведенного расчета сделаем пример подсчета сечений смесителя.

### Примерный расчет смесителя.

Определить проходные сечения смесителя для двигателя трактора "Сталинец - 60", имеющего общий литраж  $V = 18,465 \text{ л}$  и число оборотов  $n = 650 \text{ об/мин}$ .

Задаемся следующими величинами:

$$P_v = 1 \text{ ата}, \quad P_{г2} = 0,965 \text{ ата}; \quad c_v = 60 \text{ м/сек}; \quad \gamma_v = 1,186 \text{ кг/м}^3;$$

$$\gamma_g = 1,1 \text{ кг/м}^3 \quad \text{и} \quad K = 1 \quad (\text{последние 2 величины для точности}$$

расчета лучше определить по вышеуказанным формулам).

Давление смеси может быть определено по уравнению:

$$c_в = \psi \sqrt{2g \frac{P_в - P_{см.}}{\gamma_в}}, \text{ откуда}$$

$$P_{см.} = P_в - \frac{\gamma_в \cdot c_в^2}{\psi^2 \cdot 2g} = 10000 - \frac{1,186 \cdot 60^2}{0,8^2 \cdot 2 \cdot 9,81} = 9600 \text{ кг/м}^2$$

Теперь определим величину отношения площадей сечений по уравнению

$$q = K \sqrt{\frac{P_в - P_{см.}}{P_в - P_{см.}} \cdot \frac{\gamma_в}{\gamma_г}}$$

подставляя значения, получим

$$q = 1 \sqrt{\frac{9650 - 9600}{10000 - 9600} \cdot \frac{1,186}{1,1}} = 0,366$$

Скорость газа может быть определена по уравнению

$$c_г = \psi \sqrt{2g \frac{P_г - P_{см.}}{\gamma_г}}, \text{ подставляя, получим}$$

$$c_г = 0,8 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot \frac{9650 - 9600}{1,1}} = 23,9 \text{ м/сек}$$

Сечение воздушного канала по формуле

$$f_в = \frac{V_{см}}{c_в + \frac{c_г}{q}}$$

где  $V_{см} = \frac{V \cdot 650}{60 \cdot 2}$   $V$  - объем цилиндров равный - 18,465 л.  
 $\eta_v$  - коэффициент подачи  $\eta_v = 0,85$ ,

$$\text{тогда } V_{см} = \frac{0,018465 \cdot 650}{60 \cdot 2} \cdot 0,85 = 0,085 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Следовательно сечение будет:

$$f_в = \frac{0,085}{60 + \frac{23,9}{0,366}} = 0,00679 \text{ м}^2$$

$$\text{или } f_в = 6,79 \text{ см}^2$$

Теперь можно будет определить сечение для газа

$$f_г = \frac{f_в}{q} = \frac{6,77}{0,366} = 18,55 \text{ см}^2$$

На основании полученных проходных сечений для воздуха и газа, можно будет определить диаметр трубопроводов, подводящих воздух и газ к смесителю.

### III КОНСТРУКЦИИ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТО-ТРАКТОРНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ.

Приводимая схема №1 стационарного газогенератора имеет следующие основные конструкции установки: I. Шахта газогенератора имеет загрузочный люк "б", через который наполняют бункер "б" топливом и по мере его прогорания производят догрузку. В топливнике "в", выполненном из огнеупорных материалов (шамотный кирпич, жароупорная сталь и проч.), происходит горение топлива на колосниках "н", благодаря доступу атмосферного воздуха через трубу "з". Образующийся генераторный газ проходит сквозь слой топлива генератора и отсасывается двигателем через трубу "б" в очиститель "8".

Очиститель "8" или скруббер - наполнен коксом, сверху омываемый водой, которая вытекает в нижнюю трубу с нечистотами, взятыми из газа. Газ, попадая в нижнюю часть скруббера, движется навстречу движению потока воды, очищается от посторонних примесей (пыли, золы и скопившихся веществ) и охлажденный поступает через трубу "9" в сухой очиститель "10". В сухом очистителе газ фильтруется через разный материал (древесная стружка, рогожа и др.), оставляет влагу и дополнительно охлаждается.

Далее генераторный газ, очищенный и холодный вступает в расширитель, который служит в качестве компенсатора - буфера, имея некоторый объем, благодаря которому заглушаются пульсирующие всасывающие действия двигателя, создается более равномерная тяга. В расширителе газ, расширяясь, выделяет сажу, т.е. дополнительно очищается. Такая основная схема стационарной газогенераторной установки.

Газогенераторы легкого типа имеют все те же принципиальные черты стационарных газогенераторов, однако габариты тракторов и автомашин и характер их работы не позволяют иметь некоторые надежно работающих приборов стационарных газогенераторов, например, скрубера с мокрой очисткой, поэтому их заменяют менее громоздкими в ущерб качества работы газогенераторной установки в целом.

III Транспортные газогенераторы имеют следующие основные детали:

I. Газогенератор - служащий для газификации топлива, имеющий топливник, бункер, загрузочный люк и др.

II. Очистители газа - выполняются в виде различных, в большинстве работающих без применения воды, баллонов, наполненных фильтрующими или другими задерживающими пыль

материалами и приспособлениями.

III. Охладители газа

IV. Снегосибель газа - предназначенный для образования рабочей газовой смеси, путем добавления атмосферного воздуха к генераторному газу, необходимого для нормального горения газа.

Ниже мы разберем наиболее характерные конструкции газо-генераторных установок и их работу.

ОЧИСТКА ГАЗА.

Очистка газа одна из узких мест современных автотракторных газогенераторных установок, генераторный газ, поступающий в двигатель, должен быть по возможности очищен от посторонних примесей, вредно влияющих на состояние двигателя. Генераторный газ содержит следующие примеси, которые необходимо удалять очистителями:

- 1) Водяные пары, 2) Угльная и др. пыль и 3) Смолистые вещества.

Нормально смолистые вещества не должны содержаться в газе при обратном процессе горения.

Удаление влаги из газогенераторного газа производится путем его охлаждения. Особенно много скапливается воды в газе при влажном топливе.

Влажность генераторного газа, главным образом происходит от неполной диссоциации водяных паров воды в генераторе. Присутствие воды в генераторном газе понижает его теплопроводную способность, и следовательно двигатель, работающий на влажном газе, значительно больше теряет мощность, чем двигатель работающий на сухом газе. Например, потеря мощности двигателя, работающего на влажном газе, имеющем содержание влаги 400 грамм в 1 м<sup>3</sup>, доходит до 40% от мощности на бензине. Единственный способ борьбы с влажностью генераторного газа - давать сильное охлаждение и применять топливо более сухое.

Смола в газе наблюдается у дровяных генераторов, имеющих низкую напряженность горения, или от недожженного угля у угольных генераторов с прямым процессом горения. Смолистые вещества, попадая вместе с газом в двигатель, засоряют его. Засорение смолы двигателя доходит до таких пределов, что клапаны заедают, и клапанные пружины не в состоянии их закрыть, двигатель перестает работать. В холодное время года смола застывает, так, что двигатель провернуть от руки становится невозможным. Всякий дровяной генератор дает смолу в газе в том или ином количестве, так например фран-

цузский газогенератор "Берлис" содержит смолу в газе 0,5-0,6 грамм на 1 м<sup>3</sup> газа. Такое незначительное количество смолы является безвредным для двигателя. Основная очистка генераторного газа от смолистых веществ происходит в самом газогенераторе, специальных самоочистителей газогенераторной установки не применяют. Смола должна сжигаться при высокой температуре в зоне горения топливника, отчего происходит ее разложение, и тем самым газ обезсмольвается.

Пыль - является третьей балластной примесью в генераторном газе. Пыль состоит из мелких частиц угля и золы, которые, попадая в двигатель, изнашивают трущиеся части, например, поршня, цилиндры, поршневые кольца и проч. Содержание пыли в газе должно быть не более 0,03-0,05 грамм на 1 м<sup>3</sup> газа.

Так содержание пыли в нормально-чистом воздухе составляет 0,005 грамм на 1 м<sup>3</sup> воздуха. Для очистки генераторного газа от пыли применяются различные очистители, которые можно разделить на следующие основные группы:

I. Макрочистители

2. Поверхностные очистители

3. Фильтрующие очистители

4. Шероциклонные и центробежные очистители.

I. Макрочистители жидкостные применяются водяные и масляные. Водяные очистители встречаются редко в тракторных газогенераторах, т.к. они обладают рядом серьезных недостатков. Принцип очистки газа от пыли в макрочистителях заключается в пропускании газа через небольшой слой воды или масла, или заставляя струю газа ударяться о поверхность слоя жидкости. Газ, проходя сквозь слой жидкости, отдает ей пыль, но вместе с тем захватывает с собой влагу, в случае водяной очистки - это является большим недостатком водяных очистителей, в зимнее время - происходит замерзание воды. Преимущество макрочистителей, особенно масляных, является их сравнительная компактность, удобство монтажа, удовлетворительная степень очистки и постоянное небольшое сопротивление прохождению генераторного газа. В советских генераторах макрочистители не применяются, только газогенератор НАТИ для трактора "Сталинец 60" имеет жидкостный масляный очиститель.

2. Поверхностные очистители - выполняются из набивки кокса, металлических стружек, тонкого стального волоса и друг. Данные набивки заполняют сосуды различных форм (баллоны, прямоточные и металлические ящики), в зависимости от конструкции очистителя. Генераторный газ, проходя сквозь набивку очистите-

ля, изменяет скорость и направление движения, оставляет на поверхности очищающей набивки очистителя пылеобразные примеси в газе.

Поверхностные очистители применяются часто, работают надежно, но требуют частой прочистки, т.к. засоряются быстро пылью и сильно увеличивают сопротивление прохождения газа.

3. Фильтрующие очистители изготавливаются из различных пористых материалов, например, из орфанели, байки или тонкой металлической сетки. Газ, проходя сквозь фильтрующую материал получает тонкую очистку, оставляя всю пыль на поверхности матери. Фильтры в основном применяются в древесно-угольных газогенераторах, для деревянных газогенераторов применение фильтров реже из-за того, что деревянный газ содержит влагу, которая осаживается на поверхности фильтра, увлажняет его и сильно увеличивает сопротивление прохода газа, отчего мощность двигателя падает. Вообще фильтры создают большие сопротивления прохождению генераторного газа, для уменьшения сопротивления фильтра, фильтрующие поверхности делают большой площади. Сопротивление фильтра непостоянно и быстро возрастает по мере его засорения, поэтому фильтры необходимо часто очищать. Фильтры ставятся после очистителей грубой очистки газа.

4. Инерционные и центробежные очистители - работают,

как показывает само их название, на принципе изменения скорости направленного движения генераторного газа, благодаря чего возникают центробежные силы, действующие на пылевидные частицы газа, заставляют их отделиться от основной струи газа и осаживаться в очистителях. Центробежные очистители работают удовлетворительно при скоростях не ниже 15 мет/сек. Характерными представителями инерционных очистителей являются пластинчатая-решетчатые типа "Берлие" (см. рис. №2), имеющие ряд пластинок с отверстиями, через которые проходит генераторный газ с большой скоростью, до 15-20 мет/сек., далее пройдя пластинку, газ резко понижает и изменяет скорость до 2-3 мет/сек., при этом происходит выделение инородных пылевидных примесей. Инерционные очистители производят грубую очистку газа, газ требует более тонкой очистки, поэтому после инерционных очистителей желательно ставить фильтры

Ниже мы помещаем описание наиболее характерных газогенераторов и очистителей, применяемых на советских лесовозных газогенераторных автомашинах и тракторах.

АВТО-ТРАКТОРНЫЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ С.И.ДЕКАЛЕНКОВА.

Конструкции газогенераторов Декаленкова являются наиболее простыми из существующих и легко могут быть изготовлены в небольших мастерских. Несмотря на простоту конструкций газогенераторов Декаленкова, надежность работы их является наилучшей из существующих советских систем газогенераторов. Проведенный пробег газогенераторных машин Москва-Ленинград-Москва подтвердил это положение, простояв в пути газогенераторные машины "ГАЗ"-АЯ и "ЗИС-5" с газогенераторами Декаленкова, по вине газогенераторов составили не более 1-5% от общего времени пробега. Конструкции газогенератора Декаленкова имеются в основном 3-х моделей: 1) Модель "Д-7" для тракторов "Коммунар 50 л.с." и "Флетрак 40" (см. рис. 3); 2) Модель "Д-6" для автомашин "ГАЗ-АЯ" (см. рис. №4) и тракторов "С.Х.Т.З."; 3) Модель "Д-8" для автомашин "ЗИС-5" и тракторов ЧТЗ-"Сталинец 60" (см. рис. №5);

Модель "Д-7" является одной из первых конструкций, в настоящее время не строится и представляет интерес для тракторов "Коммунар 50 л.с." Модель "Д-6" и "Д-8" принципиально не отличаются одна от другой, разница заключается только в размерах, а следовательно и мощностях генераторов. Все конструкции газогенераторов Декаленкова работают на древесном топливе. Топливо допускается для газогенераторов Декаленкова с относительной влажностью не более 25%, причем модель "Д-6", как имеющая меньшие размеры, должна работать на более сухих дровах, т.к. подсушка дров в бункере генератора не может быть такой интенсивной, как в газогенераторах более мощных, например "Д-8". Все газогенераторы Декаленкова построены из недефицитных материалов; листовые железо-различной толщины от 1 мм до 3 мм, чугун и различное сортовое железо. Топливники выполнены из чугуна и являются одним из слабых мест конструкции, т.к. чугун долго противостоит высокой температуре не может, прогорает, а иногда образует трещины. Видимо в новых моделях газогенераторов очаги будут ставиться из специального жароупорного чугуна или стали.

Газогенератор "Пионер Д-7", предназначен для мощности 40-50 л.с., имеет следующие части (см. рис. №6). Шахта газогенератора, состоящая из верхнего кожуха "1" - называемого бункером, и нижней зольниковой коробки "2", вмещающей в себя топливник "Т", опорный конус "К" и колосниковую решетку "3". Бункер имеет двойные стенки, между которыми находится воздушная изоляция, предохраняющая топливо в бункере от остывания в холодное время. 2. Очистители в виде цилиндрических труб длиной от 1 мет. до 1,2 м., диаметром 220 мм, имеющие набивку в виде железных дисков (см. рис. №7). 3. Неситель

газа, предназначенный для образования горючей газовой смеси,

Действие газогенератора «Пионер Д-7» следующее: атмосферный воздух (первичный) поступает в 2 отверстия «А», в промежутки между двумя стенками бункера, далее воздух отсасывается через щель «В», благодаря разрежению, возникающему от тяги двигателя. На уровне щели «В» топливника «Т» происходит горение дровяного топлива, т.е. кислород воздуха химически соединяется с углеродом топлива - образуется углекислый газ «CO<sub>2</sub>»; этот газ проходит вниз топливника сквозь раскаленный слой угля. От недостатка кислорода и от высокой температуры, достигающей в топливнике до +1200°С, происходит диссоциация или разложение углекислоты. Углекислый газ соединяется с углеродом топлива, образуя окись углерода «CO» или угарный газ. Одновременно в зоне топливника происходят и другие химические реакции, например, пары воды от действия высокой температуры соединяются химически с углеродом топлива, образуя водород и углекислый газ. При диссоциации водяных паров и углекислоты происходит большой отъем теплоты, за счет теплоты, полученной при сгорании дров в топливнике на уровне щели. Кроме этих основных химических реакций одновременно протекают другие, в результате чего получается генераторный газ, состоящий из угарного газа «CO», углекислоты «CO<sub>2</sub>», водорода «H<sub>2</sub>», метана «CH<sub>4</sub>» и азота «N<sub>2</sub>». Данный газ идет вниз от чага «Т», и, пройдя сквозь отверстия конусного конуса «К» (который служит в качестве поддерживающего упора топливника и одновременно является грубым очистителем газа от крупных частей, находящихся в газе, например угля и др.) втягивается через газовую трубу «Тр» и далее в очистителе (рис. №7). Очистители цилиндрические, имеющие металлические диски со срезанными сегментами, через которые газ, проходя, получает волнообразное движение, резко меняет направление скорости движения генераторного газа. Вследствие возникновения центробежных сил все широконные средней крупности частицы газа осаждаются в очистителе. Более мелкие частицы (сажа) задерживаются в последних очистителях имеющими металлические щетки и «ежики», наподобие щеток для чистки керосиновых ламповых стекол. Одновременно очистители служат и холодильниками газа. Газ при выходе из генератора имеет температуру до +500°С. Охлаждение газа в течение времени является недостаточным, газ поступает в двигатель, в течение времени имеющий температуру около +80°С, отчего происходит большая потеря мощности двигателя.

Приходя очистку и охлаждение, генераторный газ попадает в смеситель, где добавляется атмосферный (вторичный) воз-

дух, необходимый для горения генераторного газа в пропорции 1 часть воздуха на 1 часть генераторного газа. Регулировку добавочного вторичного воздуха можно производить из кабинки трактора и получать рабочую смесь наилучшего качества. Смеситель (см. рис. №8) газогенераторной установки «Пионер Д-7» имеет следующие устройства: тройник сварной конструкции, имеет 3 фланца «1», «2» и «3». Верхний фланец «1» он присоединяется к всасывающей трубе двигателя, нижний фланцем «3» к карбуратору и баковым фланцем «2» к трубе, подающей генераторный газ из очистителей.

Сбоку тройника смесителя сварена изогнутая дюймовая воздушная труба «4», которая соединяется с трубой, имеющей кран, регулирующий вторичный воздух, помещенный в кабинку трактора (трактор «Коммунар»). Открывая или закрывая регулировочный кран, мы изменяем количество поступающего в смеситель и тем самым изменяем состав рабочей газовой смеси, всасываемой двигателем. Смеситель имеет 2 заслонки «5» и «6», соединенных рычагом «7», которые действуют спаренно, когда открыта заслонка «5», другая «6» закрыта и наоборот. При работе на генераторном газе заслонки имеют такое положение, как показано на чертеже. Заслонка «8» служит дроссельной газовой заслонкой. Этот смеситель имеет следующий недостаток, он увеличивает время и сопротивление прохождения бензиновой смеси из карбуратора в двигатель, что затрудняет заводку двигателя, особенно в холодное время, новые смесители конструкции Декаленкова не имеют этого недостатка.

Газогенераторная установка «Пионер Д-7» была построена в количестве 20 шт. и работала с успехом, главным образом, на тракторах «Коммунар 60 л.с.» в Максатихинской лесомашинной станции в Плещеевой базе 1932 г. и в 1935 г. на тракторе «Катерпиллер 60» и др. Новые модели газогенераторов конструкции Декаленкова являются более совершенными и простыми, чем модель «Д-7». Принципиальная схема у новых моделей газогенераторов «Декаленкова» оставлена без изменения.

Газогенераторы «Д-8» и «Д-6» конструктивно не отличаются один от другого, разница заключается только в мощности: модель «Д-8» дает мощность 60-80 л.с., а «Д-6» - 40 л.с. Данные модели требуют на свое изготовление меньше металла, примерно, на 25-30%. (См. таб. на стр. ), чем газогенератор «Д-7», и процесс проще в изготовлении и разборке.

Разберем устройство и работу газогенераторов «Д-6» и «Д-8» (см. рис. №9 и №10). Данные газогенераторы имеют бункер «1» выполненный из одной стенки. Газогенератор «Д-6» и «Д-8» разбирается на 3 части: 1) Бункер «1», 2) Газовая коробка «2» вместе с чугунным топливником «3» и конусом «4» для

подачи топлива в зону горения и защитная изоляционная стенка "8" и 3) нижняя зольниковая коробка "5", имеющая колпаковую решетку "6" и упорный дырчатый конус "7". Весь газогенератор разбирается помощью отвинчивания 2 швов болтов в течение 3± часов 2-мя лицами. В случае прогара внутренних частей газогенератора возможна быстрая замена их новыми, буквально на ходу машины. Процесс газификации в газогенераторах "Д-6" и "Д-8" подобен разобранным нами газогенератору "Д-7", отличие заключается в подаче первичного воздуха в зону газификации. Воздух поступает в 2 отверстия "9", в нижней части газогенератора и, омывая горячие стенки газовой коробки "2", подогревается и направляется в щелевидные окошки "10" топливника, создает горение топлива - дров. В остальном процесс газификации соответствует газогенератору "Д-7". Топливники "2" газогенераторов "Д-6" и "Д-8" изготавливаются целиком литые из чугуна (их надо делать из жароупорных сплавов), после чего производится их механическая обработка и прорезиниваются щелевидные окошки "10". При отливке очагов в них вваривается железное кольцо "11", к которому приваривается газовая коробка "2". Топливник газогенератора "Д-7" (см. рис. №6) состоит из 2-х частей: верхнего кольца (чугун) и нижней части собственно топливник "Т", которые свинчены болтами, поэтому возможна регулировка щели для подачи воздуха. В моделях "Д-6" и "Д-8" генераторный газ отсасывается в патрубок "12" и проходит сквозь очистку, состоящую из цилиндрических баллонов диаметром 220 мм (см. рис. №11 и №12), наполненных металлическими щетками "Щ". Число очистителей отдельных цилиндров ставится различное, в зависимости от мощности двигателя и габаритных размеров автомашины или трактора, так например автомашина "ГАЗ-АЯ" имеет 2-3 очистителя, автомашина "ЗУС-5" и трактор "Сталинец 60" по 4 шт. Нормальная жаронапряженность горения газогенераторов "Д-6" и "Д-7" следующая;

Напряженность "Д-6" составляет 
$$= \frac{q}{\pi \cdot D^2} = \frac{25.4}{\pi \cdot 0.23^2} = 600 \text{ кг/м}^2$$
 где  $q$  = количество дров, сжигаемых генератором в час = 25 кг  
 $D$  = сред. диаметр сечения топливника  $= \frac{260 + 200}{2} = 230 \text{ мм} = 0.23 \text{ м}$ .  
 Напряженность горения газогенератора "Д-8"  $= \frac{60.4}{\pi \cdot 0.333^2} = 690 \text{ кг/м}^2$   
 где  $q$  = 60 кг/час;  $D = \frac{356 + 300}{2} = 333 \text{ мм}$

В действительности напряженность горения величина переменная, зависящая от количества сжигаемых дров в час.

Газогенератор "Д-8" мог сжигать и 40 кг дров в час соответственно напряженность горения понижалась до 460 кг/м<sup>2</sup>. Для дровяных газогенераторов желательно иметь высокую жаронапряженность до 1000 кг/м<sup>2</sup> для увеличения интенсивности горения, а следовательно увеличится температура его, и надежность газогенератора возрастет, так как все смолы будут разлагаться и процент выхода "СО" повысится. Напряженность горения ограничивается конструктивными соображениями, особенно для малых мощностей двигателей, при увеличении напряженности горения уменьшается сечение топливника, что затрудняет подачу топлива, образуются свободные концы подачи первичного воздуха происходит через щель или щелевые окошки, причем скорость воздуха составляет в среднем около 10 мет./сек. Приведем это примерами:

Газогенератор "Д-8" имеет 12 щелевых окошек высотой 4мм и длиной 75мм. Общая площадь живого сечения окошек составит  $f = 0.004 \cdot 0.075 \cdot 12 = 0.0036 \text{ м}^2$ .

Газогенератор предназначен для трактора "ЧТЗ" и автомашины "ЗУС-5", имеющих соответственно следующие литражи  $V_{H_1} = 18,465 \text{ лит.}$  и  $V_{H_2} = 5,56 \text{ лит.}$  Расход газовой смеси в час для

"ЧТЗ" будет 
$$= \frac{V_{H_1} \cdot \eta_1 \cdot 60 \cdot \eta_2}{2 \cdot 1000} = \frac{18,465 \cdot 650 \cdot 60 \cdot 0,8}{2 \cdot 1000} = 288 \text{ м}^3/\text{час}$$

и для "ЗУС" 
$$= \frac{V_{H_2} \cdot \eta_2 \cdot 60 \cdot \eta_3}{2 \cdot 1000} = \frac{5,56 \cdot 2400 \cdot 60 \cdot 0,8}{2 \cdot 1000} = 320 \text{ м}^3/\text{час}$$

Состав генераторного газа газогенераторов Декаленкова в среднем содержит азота  $N_2 = 56\%$ . Газогенератор "Д-8" дает количество газа для двигателя "ЧТЗ"  $= \frac{288}{1+1,1} = 137 \text{ м}^3/\text{час}$ , а для двигателя "ЗУС-5"  $= \frac{320}{1+1,1} \approx 152 \text{ м}^3/\text{час}$ ,

где коэффициент избытка воздуха  $\alpha = 1,1$  и коэффициент подачи двигателя  $\eta_6 = 0,8$ . Азот, находящийся в генераторном газе в количестве 56% общего объема количества, вошел в газ из атмосферного воздуха при горении топлива, на этом основании можем определить сколько пошло воздуха на газификацию дров за 1 час. Содержание азота в воздухе 79%, остальная часть составляет кислород и др газы, следовательно количество воздуха потребовалось газогенератору при работе двигателя "ЧТЗ" следующее:

$$= N_2 + \frac{21}{79} N_2 = 137 \cdot 0,66 + \frac{21}{79} \cdot 137 \cdot 0,66 = 114,5 \text{ м}^3/\text{час}$$
, а для дви-

двигателя "ЗИС" соответственно =  $152,0,66 + \frac{21}{79} \cdot 152,0,66 \approx 197 \text{ м}^3/\text{час}$ .

Находим скорость первичного воздуха для первого и второго случая  $W_1$  и  $W_2$ ; скорость воздуха при работе двигателя "ЧТЗ"

$$W_1 = \frac{114,5}{1,60,60} = \frac{114,5}{0,0035 \cdot 60,60} = 8,8 \text{ м/сек, а скорость}$$

$$\text{воздуха при работе двигателя "ЗИС-5" } W_2 = \frac{197}{1,60,60} = 9,8 \text{ м/сек}$$

Скорость первичного воздуха влияет на степень газобрикации топлива, желательнее давать большую скорость (так например газогенератор "Берлиг" имеет скорость воздуха до 40 м/сек для получения большего форсирования горения, большая скорость первичного воздуха действует на горящее топливо не только химически, путем соединения кислорода воздуха с углеродом топлива, но также разрушает его механически, разбивая молекулы углерода, на подобие водяной струи брансбойта, разбивающей торфянную массу (гидротарф). Газогенераторы Декаленкова имеют объем бункеров по нашему мнению недостаточным (см. технические данные о газогенераторах "Д-6", "Д-7" и "Д-8" табл. на стр. № ), поэтому загрузку дров приходится производить через 1 час. Для автомашин это не играет существенного значения при эксплуатации, так как радиус действия за 1 час работы составляет 30-40 км., для трактора "ЧТЗ" загрузка через час нежелательна, так как требует останавливать трактор и заставляя с собой возить запас дров.

В новых моделях, конструируемых Декаленковым, объем бункеров видимо увеличится оттого возможность периодической загрузки увеличится

Таблица №

Наименование данных	Газогенераторы			примечание
	"Д-6"	"Д-7"	"Д-8"	
1. Диаметр генератора в мм	500	635	636	Данные взяты
2. Высота " " в мм	1300	1500	1600	из расчета
3. Диаметр очистителя в мм	220	220	220	та Дека-
4. Длина " " в мм	1200	1400	1400	ленкова
5. Количество " "	2	3	4	газогене-
6. Вес генератора в кг.	100	200	160	ратора "Д-6"

Наименование данных	Газогенераторы			Примечание
	"Д-6"	"Д-7"	"Д-8"	
7. Вес очистителя в кг.	50	100	136	
8. Объем бункера в м <sup>3</sup>	0,167	0,241	0,137	
9. " " очистителей в м <sup>3</sup>	0,076	0,170	0,225	
10. Ёмкость бункера в кг. дров.	45	60	75	
11. Расход дров в час в кг	30	40	50	
12. " " газа " " в м <sup>3</sup>	90	120	150	
13. Площадь сечения очага в м <sup>2</sup>	0,053	0,092	0,104	
14. Скорость первичного воздуха в мет/сек.	10	10	9	
15. Высота щели для воздуха в мм	3	4	4 1/2	
16. Количество калорий, выделяемых газогенератором в час.	11500	155000	198000	
17. Развиваемая мощность двигателя в л.с.	34	46	58	
18. Напряжение горения в кг. дров на кв. метр.	560	440	480	

МОНТАЖ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ДЕКАЛЕНКОВА. Возможен на автомашины "ГАЗ-АА" и "ЗИС-5" и тракторов "Сталинец 60", а также на друг. машины, например, Катера, передвижные электро-станции и проч.

На схему №13 показан монтаж газогенератора "Д-6" на автомашину "ГАЗ-АА" 1,5 тонн. Шахта газогенератора расположена с правой стороны шасси машины и крепится с помощью 2х швеллерных балок, изогнутых на подобие захвата, к которому длинными болтами крепится газогенератор. Монтаж очистителей выполнен в задней части машины под рамой. Отдельно они показаны на рис №12. Очистители с газогенератором и двигателем соединены 2" и 1 1/2" трубами. Кузов прорезан 60x40 мм, для помещения газогенератора. Для работы в условиях лесовозки кузов не требуется, обыкновенно снимается и ставится коник на раму машины. Очистители легко доступны для осмотра и периодической чистки от сажи и угольной пыли и

требует на эту работу около 1 1/2 - 2 человека - часа. Всасываемый двигателем генераторный газ смешивается в смесителе с воздухом, установленным в кабине шофера. Смеситель (рис. № 14) отличается от смесителя газогенератора „Д-7“ и представляет из себя стандартный 1 1/2" водопроводный тройник, в котором имеется притертый золотник „1“, с отверстиями „2“.

При повороте золотника на 120° открываются отверстия „3“ в которое всасывается газ, смешанный с воздухом, попадающим в отверстие „2“ тройника. Путем поворота золотника за ручку „4“ можно изменять состав рабочей газовой смеси, добиваясь наилучшей работы двигателя.

При положении ручки „4“, показанном пунктиром, смеситель закрыт. Смесь воздуха с газом проходит далее в двигатель; количество рабочей смеси регулируется газовым дросселем, соединенным рычагами с ножным аксельратором, нажимая на который ногой мы даем большее количество смеси (Заслонка открывается) и наоборот при отпуске педали (заслонка закрывается) прекращается подача горючей смеси. Двигатель авто-машины „ГАЗ-АА“ изменен только в части всасывающей трубы (приварен патрубок „—“), и повышена степень сжатия за счет уменьшения камеры сгорания, путем наплавки алюминиевых отливок в головку или постановки специальных головок повышенного сжатия.

### СМЕСИТЕЛЬ ГАЗА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЕКАЛЕНКОВА ДЛЯ

автомашин „ГАЗ-АА“ 1 1/2 тон, имеет несколько другое устройство нежели применяемый ранее, только что описанный нами. В основу его конструкции (см. рис. № 15) взят водопроводный тройник „1“ диаметром 1 1/4", к которому снизу подводится генераторный газ по трубе ф 1 1/4", идущей из последнего очистителя газа. В верхнее отверстие тройника „1“ ввинчивается на резьбе точеный патрубок „2“ с дном, обращенным вверх, (патрубок по внешнему виду напоминает грибовидный маленький паршен). В верхней части этого патрубка сделаны 6 шт. отверстий диаметром ф 10 мм, через которые всасывается воздух для смешения с генераторным газом. Патрубок наглухо ввинчен в тройник „1“. На патрубок „2“ надета в притирку крышка „3“, имеющая также 6 отверстий диаметром 10 мм, расположенных соответственно первым отверстиям патрубка. Крышка „3“ сидит на шарнире балке „4“, ввернутом в дно патрубка „2“, и может поворачиваться водителем из кабины машин, через рычажок „5“. При заводе двигателя на бензине крышки „3“ поворачивают до полного перекрытия воздушных отверстий для того, чтобы излишний воздух не обеднял бензиновую смесь карбюратора. Всасывающая труба „6“ двигателя „ГАЗ“ имеет боковое отверстие с приваренным флянцем „7“ (нормальная всасывающая труба не имеет отверстия), к которому крепится шт.

цер „8“ дроссельной газовой заслонки „9“, через передачу давления от тройника „1“ посредством 2х шпильки „10“, удерживающих тройник железной скобой „11“ помощью 2х гаек. Две шпильки „11“ ввинчены во приварные флянцы всасывающей трубы „6“. Разборка смесителя производится очень просто, для этого следует отвинтить тройник от газовой трубы.

Газовая дроссельная заслонка „9“ регулирует количество рабочей газовой смеси, поступающей в двигатель. Регулировка производится через рычаг „12“, соединенный с педалью аксельратора и с манеткой на руле. На рисунке „—“ показано полное открытие дроссельной газовой заслонки. Карбюратор присоединяется к фланцу „13“ и необходим только для первоначального пуска двигателя „ГАЗ-АА“ на бензине, при работе на генераторном газе дроссельная бензиновая заслонка карбюратора закрыта. При работе на генераторном газе воздух регулируется рычагом „5“, смешивается в тройники „1“ с встречным газом, образуются взрывчатая газовая смесь, количественно регулируемая заслонкой „9“, и всасывается двигателем.

При работе на газе, кран для подачи бензина к карбюратору закрыт. Бензиновые машины имеют 2 основные манетки для регулировки работы двигателя; 1) манетка связанная с аксельратором, регулирующая количество бензиновой смеси; 2) манетка опережения зажигания. Обе манетки помещены на рулевой колонке, правая манетка связана с аксельратором, а левая с опережением зажигания. Управление газогенераторной машиной „ГАЗ-АА“ с газогенератором Декаленкова имеет 4 манетки, причем 2 старые манетки использованы по-прежнему; правая, связанная с аксельратором для регулировки количества газовой смеси, а левая для регулировки количества воздуха, необходимого для смешения газа.

Кроме того рулевая колонка имеет 2 новых манетки, расположенных соответственно ниже 2х первых манеток; правая нижняя манетка связана с бензиновой дроссельной заслонкой, а левая нижняя с опережением зажигания. Во время работы на газе приходится оперировать только с 2-мя манетками, с левой верхней (регулировка воздуха) и правой верхней (регулировка количества газовой смеси). Смеситель Декаленкова для двигателя „ГАЗ“ прост в изготовлении и очень удобен в монтаже и сборке.

Регулировка смесителя также проста и не требует никакого внимания со стороны водителя. Во время заправки двигателя „ГАЗ-АА“ на бензине, газовая дроссельная заслонка „9“ и крышка воздуха „3“ должны быть плотно закрыты для избежания подсоса ненужного воздуха. Дав проработать холодному двигателю на бензине 5-7 мин., постепенно открывают газовую дроссельную заслонку „9“ и регулируют доступ воздуха крышкой „3“, одновремен-

на уменьшают количество бензиновой смеси, поступающей в двигатель, путем прикрытия дросселя карбюратора. Как только двигатель взят на газе, совершенно закрывают дроссель карбюратора и перекрывают бензиновый краник. При работе двигателя на генераторном газе необходимо ставить ранее опережение зажигания.

### МОНТАЖ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ „Д-8“ НА АВТОМАШИНЫ „ЗИС-5“

выполнен аналогично описанному монтажу „Д-6“ на „ГАЗ-ЯЯ“. Газогенератор крепится на швеллерные балки, положенные поперек рамы автомашины (см. схему № 11). Число очистителей равно 4 шт., причем 3 сзади и 1 шт. сбоку автомашины. Смеситель помещен непосредственно у всасывающего коллектора двигателя. Смеситель имеет такое же устройство, как и смеситель газогенераторной установки „Д-6“, только тройник поставлен 2" вместо 1 1/4". В 4-м очистителе газ охлаждается до такой степени, что происходит выделение влаги из генераторного газа, которую необходимо спускать через каждые 100 км. пробега или через 3-часовую работу генератора. Особенно много воды скапливается в этом очистителе, при работе газогенератора на сырых дровах, т.е. имеющей относительную влажность более 95%. При пробеге Москва - Ленинград - Москва, нам приходилось выливать воду около ведра через каждые 100 км. пробега машины. Подвод генераторного газа к двигателю „ЗИС-5“ (см. рис. № 16) осуществляется через угольник „1“, приваренный к всасывающему коллектору двигателя „2“. К угольнику „1“ крепится 2-мя болтами обойма „3“ с дроссельной газовой заслонкой, служащей для регулировки подачи количества рабочей газовой смеси. В остальном двигатель ни в чем не изменился. Желательно ставить на двигатель „ЗИС-5“ головки с повышенным сжатием до 8, вместо нормальной с 4,6.

### МОНТАЖ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ „Д-8“ НА ТРАКТОРЫ „СТАЛИНЕЦ 60“

значительно труднее выполнить, нежели для авто-машин. Хотя сзади трактора имеется много места для помещения газогенератора, но его занимать нельзя, так как он будет мешать установке привадного шкива для стационарной работы, и имеется опасность, особенно при работе на лесовывозке, набегания саней или других прицепов на заднюю часть трактора, отчего может пострадать газогенератор. Газогенератор помещен (см. схему № 17) с левой стороны трактора на швеллерных балках. Бак для лигросидения тракториста помещен первыми очистителем, наиболее горячий, который в зимнее время подогревает тракториста, а летом необходимо его изолировать, асбестом, так как сильно излучает тепло и работает жарко.

Впереди радиатора расположены 3 очистителя-охлаждителя с металлическими щетками для задерживания итеродных ве-

ществ в газе. Сильная струя воздуха, получающая движение от вентилятора со скоростью около 10 мет./сек., проходит, омывая очистители, и охлаждает генераторный газ.

Газ подводится через трубу „1“ к всасывающему коллектору „2“ двигателя (см. рис. № 18), в котором вырезается отверстие 3" и устанавливается на сварке упорная муфта „4“, к которой присоединяется обойма с дроссельной заслонкой „5“. Смеситель „3“ (рис. 17) в виде тройника 2 1/2" с внутренним золотником, находится справа трактора, соединен длинной тягой „4“, для направления добавочным воздухом с места водителя. Карбюратор так же как и в машинах „ГАЗ“ и „ЗИС“, стоит на прежнем месте. Бачек с бензином для пуска двигателя помещен над радиатором. Двигатель должен иметь повышенное сжатие, для этого применяют суррогатный способ - увеличение длины поршней на 35 мм за счет алюминизовых наделок, привинченных 6-ю 3/8" болтами к днищу поршней. Однако данные наделки, хотя и увеличивают мощность двигателя при работе на газе, но затрудняют пуск на бензине забрасывают свечи маслом, вызывая перебои в двигателе, и при небрежной сборке наделок на поршне возможны случаи разбалтывания соединительных болтов и даже отрывание их, что может вызвать аварию двигателя. Поэтому желательно или отливать новые удлиненные поршни или ставить специальные головки повышенного сжатия, выпуск которых должен наладить Челябинский тракторный завод.

Ни одна из газогенераторных установок Декаленкова на автомашины и тракторы не имеет специальных ручных вентиляторов для раздувки генератора. Разжиг производится или самотягой путем поджигания топлива в нижней части генератора, через люк для чистки зольника, на что требуется время от 20-30 мин. или разжигают генератор помощью работающего двигателя на бензине, путем применения горящих факелов из пакли, которые подносят к щели очага генератора, и всасывающим действием работающего двигателя в этот момент на бензине создается тяга. Самотяжный газогенератор таким способом разжигается в 3-5 мин., и двигатель переводится на газ, включая бензин.

### ГАЗОГЕНЕРАТОР „РЕНО“

В 1932 г. из Франции были получены трестом „Ленлес“ газогенераторные трактора „Рено“, работающие на древесном угле. Хотя они являются чисто сельскохозяйственным типом трактора и непригодными для работы в зимних условиях, однако представляют интерес с конструктивной точки зрения, имея ряд особенностей в конструкции.

Газогенератор обратного горения (см. рис. № 19) цельно-металлической конструкции, изготовлен из листового железа, чугуна.

и жароупорной стали (топливник).

Топливо-уголь загружается в люк "9", которое по мере сгорания опускается и направляется конусом "2" в топливник "3". Внизу топливника расположена колошниковая решетка, которую можно приводить в сотрясение посредством ручного рычага "7".

Люк "5" служит для очистки от золы и для розжига газогенератора самотягой. Шахта генератора "Рено" разбирается, путем отвинчивания болтового шва "4", при этом возможно вынуть топливник "3". Процесс газификации протекает следующим образом; первичный воздух поступает в зону горения угля через специальной формы, на подобие колокола, воздушной фурны "8" - расположенной в центре сечения топливника. В колоколоподобной воздушной фурне "8" первичный воздух подогревается и охлаждает ее, предохраняя от действия высокой температуры. Отличительной особенностью газогенератора "Рено" и является центральная подача воздуха в зону газификации. Газы горения или окисления, пройдя восстановительную зону топливника, получают углерод топлива, соединяясь с ним химически, и образуют генераторный газ в виде смеси углерода "СО" и др., отсыревающей внизу топливника и втягивающей в трубу "6" и далее в холодильники и очистители газа. Газообразование генератора "Рено" происходит весьма устойчиво, только при наличии специальных мелких сортов угля, при размере кусков угля средней крупности (50x50x50 мм) более крупное топливо застревает между колоколоподобной воздушной фурмой "8" и стенками направляющего конуса "2", образуя пустоты в топливнике и заstopоривание топлива в бункере.

При движении трактора затор топлива сказывается меньше, благодаря наличию тряски и толчков. На стоянке генератор работает более 10 мин. не мог на обычном угле, даже при искусственной шуровке топлива рычагом "7", наоборот эта шуровка способствовала образованию плотной угольной мелочи, сильно заклинивающей нижнюю часть топливника, затрудняя прохождение генераторного, следствием чего являлась большая потеря мощности двигателя, а иногда и его остановки.

Эти два дефекта газогенератора (образование заторов топлива и запрессовывание угольной мелочи в топливнике) являлись основными препятствиями эксплуатации газогенераторов "Рено" в летних условиях. При работе на мелком угле (выжженном из сучьев твердых древесных пород) газогенератор давал устойчивую и надежную работу. Положительным качеством газогенератора является сравнительная простота конструкции и легкая разборка с возможностью замены прогоревшей детали новой. Габаритные размеры генератора следующие: диаметр

шахты 500 мм, высота генератора - 1220 мм

Емкость бункера 0,13 м<sup>3</sup> вмещает 25 кг. древесного угля. Газогенератор "Рено" установлен на трактор этой же фирмы, имеющей следующие данные (см. рис. № 22).

Мощность двигателя =  $N_e = 40$  л.с., при числе оборотов  $n = 1300$ . Скорость движения и соответствующие силы тяги на крюке.

$V_1 = 2,2$  км/час,  $V_2 = 3,8$  км/час;  $V_3 = 6,45$  км/час и  
 $P_1 = 4000$  кг;  $P_2 = 2300$  кг;  $P_3 = 1050$  кг.

Вас трактора 4000 кг. Двигатель имеет повышенную степень сжатия  $\xi = 7$  и специальный пусковой карбюратор, на котором двигатель не дает нормальной мощности. Из генератора "1" газ направляется в трубчатые ребристые холодильники "3", "4" и "5", расположенные вокруг трактора, слева и справа над гусеницами и впереди трактора (см. рис. № 20 и № 21). Холодильник состоит из 3-х секций, каждая секция имеет 6 параллельных труб диаметром 1 1/4". Секции соединены между собой чугунными литыми коленами, имеющие люки для чистки внутренностей труб от налетов угольной пыли. Генераторный газ, выходящий из генератора при температуре + 300°С, охлаждается в холодильниках в зимнее время до 0°С, а при морозе более - 20°С температура охлажденная газа доходит ниже нуля. Холодный газ, содержащий угольную пыль направляется в очиститель "7".

Очиститель "Рено" принадлежит к матерчатым фильтрующим очистителям, имеющим развитую фильтрующую поверхность. Внешний вид очистителя представляет пустотельный цилиндр, сделанный из листового железа, с верхней крышкой "1" (см. схему № 23). Внутри кожуха "2" очистителя имеется железный диск "3" с 31 шт. отверстиями, к которым привинчены полые бронзовые втулки "4" с металлическими сетками с верхней стороны, а к нижним основаниям втулок "4" прикреплены фланелевые длинные мешки "5", с пружинами, находящимися внутри них, растягивающие мешки-фильтры. Длина каждого мешка 240 мм, средн. диаметр ф 36 мм. Общая поверхность фильтрующих мешков 84 дц.мет. Генераторный газ, охлажденный, подводится к нижней части очистителя через патрубок "6", имея скорость 5-8 мет/сек., входя в пространство очистителя расширяется и теряет скорость, при этом выделяет взвешенные частицы, имеющиеся в газе, и осаживается вода. Генераторный газ проходит сквозь фланель мешков и сетки втулок, оставляя на поверхности мешочков угольную пыль, которая при движении

трактора, стряхивается от сотрясения мешков и падает на дно очистителя. После работы трактора производят очистку очистителя от угольной пыли через люк "7". Диск "3", к которому прикреплены фильтрующие мешки, может выниматься (см. рис. № 24) при открытии крышки "1", при этом можно очистить поверхность мешков от пыли и заменить порванные новыми. Очиститель смонтирован в правой передней части трактора. Очищенный газ всасывается двигателем в верхний патрубок "8" очистителя. Очистка газа является совершенной, но обладает следующими дефектами: 1) сопротивление фильтров сильно увеличивается по мере их засорения, в процессе работы двигателя, следствием чего является большая потеря мощности двигателя, 2) в морозную погоду вода, выделенная из газа, в очистителе замерзает, и вместе с тем замерзают фильтрующие мешочки, отчего доступ генераторного газа прекращается и двигатель заглохнет - эти явления мы наблюдаем на Ракутинской тракторной базе треста Ленлеса в 33-34г. В летнее время очиститель работает сравнительно удовлетворительно, но требует частой периодической очистки фильтров.

Смеситель газа инжекционного действия (см. схему № 25) состоит из патрубка "1", подводящего газ от очистителя, заканчивающийся конусным соплом, входящим в трубу большего диаметра "3". Воздух, необходимый для горения газа, подводится через отверстие "А" и регулируется вращающимся золотником "2". Образование рабочей газовой смеси происходит в камере смешения "К" смесителя.

Количество рабочей смеси, поступающей в двигатель, регулируется газовой дроссельной заслонкой "Д". Сбоку смесителя подходит трубка карбюратора "4", по которой поступает бензино-воздушная смесь в двигатель при его запуске. Заслонка "5" соединена с регулятором, закрывающим ее при больших оборотах двигателя. Смеситель фланцем "6" присоединяется к всасывающей трубе двигателя. Все управление смесителем производится с помощью рычагов с места сидения тракториста. Разжиг газогенератора предусмотрен ручным вентилятором "9" (см. схему № 20), соединенный с трубой очистителя "8". При разжиге вентилятором газогенератора подносятся горячий факел к трубе первичного воздуха, пламя факела засасывается в зону горения и поджигает уголь. После раздувания вентилятором в течение 5-7 мин. получается генераторный газ, всасываемый вентилятором через систему охладителей и через очиститель. В начале раздувки генератора газ идет сырой, влага сначала проходит фильтры очистителя

и засоряет их, что является недостатком конструкции монтажной вентилятора. Для устранения этого дефекта целесообразнее производить разжиг генератора через нижний люк "5" самотягой, хотя на это уходит больше времени - около 30 мин., но зато очиститель не засоряется и не увлажняется. Газогенераторные трактора "Рено" работали на Ракутинской базе треста "Ленлеса" - в работе оказались мало пригодны, главным образом по конструктивным недостаткам трактора (малый сцепной вес, примерзание фрикционных, трудность заправки двигателя в зимнее время) и дефектов газогенераторной установки. На основании изучения работы газогенераторов "Рено" в лаборатории, и на этой базе научно-исследовательский сектор Ленинградского Индустриального Института сконструировал угольный газогенератор с центральной подачей воздуха для автомашины "ГАЗ-МЯ" конструкции инж. Володина, показавшей хорошие качества работы.

### ГАЗОГЕНЕРАТОР "СЛМ-1"

Газогенераторная установка "СЛМ-1" рассчитана для работы на древесном угле для 90, сильного трактора "Коммунар" 3-90". Пермский завод "Коммунар" построил в 1933-34г. 20 шт. газогенераторных установок этой конструкции, которые были смонтированы на трактора. И в настоящее время имеется несколько тракторов "Коммунар 3-90", работающих на лесозаготовках Урала. Отличительной особенностью газогенераторной установки "СЛМ-1" является наличие двух шахт, работающих параллельно, - на один двигатель. Конструкция газогенератора заимствована с угольного газогенератора "Рекс" с внесением изменений и добавлений. Газогенератор "СЛМ-1" обратного горения, имеющий шамотную обмуровку (см. схему № 26) и подачу первичного воздуха через 10 шт. дутьевых фурм. Газогенератор рассчитан для работы исключительно на древесном угле. Наличие шамотной обмуровки топливника способствует меньшим тепловым потерям на излучение топливника и одновременно является аккумулятором тепла, раскалившись она служит катализатором для лучшего протекания реакции  $CO_2 + C = 2CO$ , при малых оборотах двигателя, когда горение топлива менее интенсивно и температура горения понижается, накаленная обмуровка отдает тепло на диссоциацию  $CO_2$ . Процесс газобразования происходит следующим образом: Первичный воздух поступает в пространство между тонкой железной стенкой и обмуровкой через отверстие "а" (закрывается заглушкой "5" и втягивается в 10 фурмочек "б", диаметром  $\phi 10$  мм, со скоростью 48 мет/сек. На уровне фурмочек происходит интенсивное горение и выде-

### ГАЗОГЕНЕРАТОР „АВТОДОР I“

Газогенераторная установка „Автодор I“ спроектирована и построена ЦНИИМЭ для трактора „Сталинец 60“. Газогенератор „Автодор I“ проектировался по заданию ЦНИИМЭ группой активистов Ц.С. „Автодора“ для дровяного топлива, причем при проектировании установки вложены в нее все наилучшее, проверенное и испытанное на практике во время конкурсных испытаний „Автодора“ газогенераторных тракторов в 1932 г. и друг. Газогенератор во время предварительных испытаний показал хорошие результаты работы. Двигатель трактора „Сталинец 60“ специально изменен для уменьшения потери мощности при работе на газе (см. стр. ....).

Газогенераторная установка „Автодор I“ рассчитана для работы на сухих отбросах лесных разработок, размером кусков 70x70x120 мм влажностью не более 20%. Установка состоит из следующих основных частей:

- 1) Газогенератор,
- 2) Очистители газа,
- 3) Холодильники,
- 4) Фильтр и 5) Смеситель газа.

Газогенератор и очистители расположены с левой стороны трактора (см. рис. № 29) на месте лигроинового бака. Холодильник газа помещен в заднюю часть трактора и защищен решеткой для предохранения от возможной поломки секций холодильника при накате груженых саней или других прицепов. Фильтр в виде прямоугольного ящика находится с правой стороны сиденья трактора. От фильтра труба соединена со смесителем для подачи очищенного газа в двигатель.

Газогенератор „Автодор-I“ цилиндрической формы, кверху расширяющийся в виде куполообразного бункера (см. рис. № 30). В загрузочный люк „1“ бункера засыпаются дровяные чурки через периоды 1 1/2 - 2 часа во время работы трактора. В бункер, имеющий объем 0,43 м<sup>3</sup>, входит 130-150 кг дровяного топлива. Этого запаса топлива хватает на 3 часа беспереывной работы трактора „Сталинец 60“. Процесс газообразования происходит следующим образом: атмосферный воздух поступает в отверстие „4“, проходит сквозь 12 стальных дутьевых фурн диаметром  $\phi$  15 мм, со скоростью 13 мет/сек, направляется в зону газификации топлива, т.е. в топливник „2“. Дровяное топливо, имеющееся в топливнике, сгорает от действия кислорода дутьевого воздуха, образуя углекислый и др. газы, которые отсасываются двигателем вниз топливника, проходя сквозь раскаленный слой угля, с недостатком воздуха. От действия высокой температуры, достигающей до + 1200°С, и недостатка кислорода происходит обратная реакция или диссоциация углекислого газа, образуется угор-

ление углекислого газа „СО<sub>2</sub>“, который отсасывается вниз топливника Т и благодаря наличию высокой температуры и недостаточного количества кислорода „О<sub>2</sub>“ диссоциирует в „СО“. Кроме этой основной реакции протекают другие, в результате образующие генераторный газ. Газ отсасывается, пройдя колосниковую решетку „К“ в патрубок „П“ при температуре около + 500°С, поэтому прежде чем направить газ в двигатель необходимо его охладить. Охлаждение газа происходит в специальных трубчатых холодильниках (рис. № 27), расположенных на крыше кабины трактора. Каждый холодильник состоит из 14 шт. труб диаметром  $\phi$  1 3/4, длиной 1 мет. Общая поверхность охлаждающая 2<sup>х</sup> холодильников равна 0,4 м<sup>2</sup>. Генераторный газ, выходя из шахты направляется к соответствующим холодильникам, из левой шахты в левый холодильник и из правой шахты в правый охладитель.

Очистители в количестве 2<sup>х</sup> шт. (рис. № 28) цилиндрической формы, по внешнему виду напоминают генераторные шахты, смонтированы сзади трактора. Очистка газа от угольной пыли и других примесей в очистителе основана на фильтрации его через ряд матерчатых фильтров, расположенных в верхней части очистителя, наподобие фильтров очистителей „Рено“. Конструктивное устройство очистителя „СЛМ-1“ следующее: генераторный газ из холодильников направляется в соответствующие очистители (в правый и левый) в трубу „1“, входит в резервуар очистителя, теряя скорость, отчего имеющиеся в газе осаждаются в очистителе. Движение газа показано стрелками на рис. № 28. В верхней части очистителя имеется цилиндр „6“, внутри него расположены 6 шт. матерчатых фильтров „5“. Газ проходит сквозь эти фильтры, получает тонкую очистку и вытягивается в трубу „2“. Фильтры можно вынимать через крышку „7“ и производить их очистку от угольной пыли.

После очистки газа, последний, соединяясь параллельным потоком в одной трубе, подводится к двигателю. Вся установка имеет два очистителя и две шахты, диаметр каждой 364 мм, высота бункера шахты 580 мм. Общая высота шахты 1630 мм. Построена шахта генератора из 2 мм листового железа. Объем бункера шахты 0,219 м<sup>3</sup> вмещает 35 кг дровяного угля влажностью 27,5%, т.е. 2 шахты вмещают 70 кг угля. Вес шахты 205 кг. Вес очистителя 88 кг. Размеры очистителя - диаметр 400 мм, высота 1430 мм, объем 0,178 м<sup>3</sup>. Общий вес всей газогенераторной установки „СЛМ-1“ составляет 902 кг.

ный газ, метан, водород и др. газы - которые, омывая колосниковую решетку 7", отсасываются в трубу 8". Камера сгорания топливника выполнена из огнестойкого шамотного кирпича. Первоначальный розжиг генератора производится обычно, как пачки, через люк 9", при этом открывается загрузочный люк 1". После того как горение достигает уровня дугельвых фурн 3" люки 1" и 9" закрываются, двигатель пускается на бензине и переводится на газ.

Весь газогенератор выполнен из листового железа 1,5-3 мм и других недефицитных материалов (кирпич, сортовое железо). Общий вес шахты газогенератора составляет 234 кг.

Очистители газа состоят из двух железных ящиков, наполненных металлическими стружками, служащими для задержания крупных посторонних частиц в генераторном газе (мелкий уголь, зола). Кроме металлических стружек очистители имеют специальные желобковые пылеулавливатели, в которых задерживается сажа и угольная пыль, вследствие возникновения вихревых движений газа. Неисоты газа, скапливаемые в очистителях, периодически удаляются через люки " " во время их очистки.

Холодильник газа, помещенный езди трактора, служит для понижения температуры горячего газа, выходящего из газогенератора с температурой до +500°C. Генераторный газ, предварительно очищенный от посторонних примесей в первых очистителях, поступает в холодильник, выполненный из трех рядов горизонтальных прямоугольных труб, сваренных электро-сваркой из листового железа толщиной 1мм. Каждый ряд горизонтальных труб имеет 4 шт., сечением 20мм на 150мм, длиной 1850мм. Газ из очистителей проходит в верхний ряд труб холодильника, потом в средний и далее, пройдя нижний ряд труб, значительно охлаждается до +20 ~ +30°C, попадает в фильтр.

При охлаждении газа пары воды, находящиеся в нем, конденсируются в воду, газ очищенный от примесей паров воды обладает большой теплотворной способностью и дает большую мощность двигателя. Накопленную воду в холодильниках спускают через крышки. Общая поверхность охлаждения холодильника равна 14,5м<sup>2</sup>. Монтаж холодильника на тракторе "Сталинец 60" затрудняет трактор, потому необходимо конструкторам стремиться выпалнять холодильники газа по возможности на- лых габаритов.

Фильтр газа служит для тонкой очистки холодной газа. Очистка газа в фильтре производится двумя способами - первоначально газ проходит с малой скоростью через рифленые поверхности (экраны) с частыми изменениями направления движения газа, отчего выделяется тонкая пыль и сажа, далее газ попадает во вторую часть фильтра, состоящего из ме-

металлической воласяной набивки (тонкая железная проволока). Схема прохода газа показана на рис. №31 - холодный и очищенный газ в фильтре поступает в смеситель для образования горячей взрывчатой смеси или рабочей смеси, путем добавления воздуха к генераторному газу, необходимого для сгорания газа. Рабочая газовая смесь всасывается двигателями

Смеситель конструкции инж. Введенского, так называемый турболентного смешения сложен. Ради знакомства с устройством этого смесителя с точки зрения как не надо конструировать, разберем конструкцию и работу этого смесителя. Смеситель отлит из чугуна, имеет 4 флянца (см. схему №32); флянцем "Г" он крепится к всасывающей трубе двигателя, флянцем "В" присоединяется к газопроводящей трубе. Остальные два флянца служат - один для присоединения к карбюратору (флянцем "Б"), а другой "Д" к воздухоочистителю Понона. Смеситель имеет 4 заслонки, и кроме того заслонка остается у карбюратора. Назначение заслонок следующие: заслонка "Д" необходима для перевода двигателя на генераторный газ. При пуске двигателя на бензине она закрыта, при работе на газе она полностью открыта и никакой регулировки во время работы двигателя не требует. Заслонка "З" является второй дроссельной заслонкой карбюратора (первая имеется в самом карбюраторе "Эйсан"), она спарена посредством рычажков с заслонкой перевода на газ "Д". При открытии заслонки "Д" дроссельная заслонка "З" закрывается и наоборот. Заслонка "Ж" регулирует количество добавочного воздуха, необходимого для образования горячей газовой смеси в камере смешения "К" смесителя. Добавочный воздух проходит сквозь продолговатые прямоугольные отверстия вставного стакана "С", получая вихревые движения, - способствующие более интенсивному смешению воздуха с газом. Удья смесителя Введенского хорошая, но конструкция вышла сложной и неудобной в практической работе, требующей небольших изменений его в сторону упрощения конструкции. Заслонка "Е" является дроссельной газовой заслонкой, регулирующей количество рабочей газовой смеси, поступающей в двигатель. При больших оборотах двигателя заслонка автоматически прикрывается тягой регулятора. Рабочая бензиновая смесь при заводе двигателя должна проходить через отверстия вставного стакана "С", с большим сопротивлением движения, так что получается постоянно дросселированная работа двигателя на бензине, препятствующая возникновению детонации и самовоспаленению бензиновой смеси при увеличенной степени сжатия. На практике это встретило большие затруднения при пуске двигателя на бензине, двигатель весьма трудно заводился даже при нормальной степени сжатия, при наличии этого смесителя. Монтаж смесителя трудно выполнять из-за тесно-

ный газ, метан, водород и др. газы - которые, омывая колосниковую решетку 7", отсасываются в трубу 8". Камера сгорания топливника выполнена из огнеупорного шамотного кирпича. Первоначальный разжиг генератора производится обычно, как пачки, через люк 9", при этом открывается загрузочный люк 1". После того как горение достигает уровня дугельных фурн 3" люки 1" и 9" закрываются, двигатель пускается на бензине и переводится на газ.

Весь газогенератор выполнен из листового железа 1, 5-3 мм и других недефицитных материалов (кирпич, сортовое железо). Общий вес шахты газогенератора составляет 234 кг.

Очистители газа состоят из двух железных ящиков, наполненных металлическими стружками, служащими для задержания крупных посторонних частиц в генераторном газе (мелкий уголь, зола). Кроме металлических стружек очистители имеют специальные железобитовые пылеуловители, в которых задерживается сажа и угольная пыль, вследствие возникновения вихревых движений газа. Неочищенные газы, скапливаемые в очистителях, периодически удаляются через люки 11" во время их очистки.

Холодильник газа, помещенный сзади трактора, служит для понижения температуры горячего газа, выходящего из газогенератора с температурой до +500°C. Генераторный газ, предварительно очищенный от посторонних примесей в первых очистителях, поступает в холодильник, выполненный из трех рядов горизонтальных прямоугольных труб, сваренных электро-сваркой из листового железа толщиной 1 мм. Каждый ряд горизонтальных труб имеет 7 шт., сечением 20 мм на 150 мм, длиной 1850 мм. Газ из очистителей проходит в верхний ряд труб холодильника, потом в средний и далее, пройдя нижний ряд труб, значительно охлаждается до +20 ~ +30°C, попадает в фильтр.

При охлаждении газа пары воды, находящиеся в нем, конденсируются в воду, газ очищенный от примесей паров воды обладает большой теплотворной способностью и дает большую мощность двигателя. Накопленную воду в охладителях спускают через крышки. Общая поверхность охлаждения охладителя равна 14,5 м<sup>2</sup>. Монтаж холодильника на тракторе "Сталинец 60" производится трактором, потому необходимо конструкторам стремиться выпустить холодильник газа по возможности малых габаритов.

Фильтр газа служит для тонкой очистки холодного газа. Очистка газа в фильтре производится двумя способами - первоначально газ проходит с малой скоростью через рифленые поверхности (экраны) с частыми изменениями направления движения газа, отчего выделяется тонкая пыль и сажа, далее газ попадает во вторую часть фильтра, состоящего из не-

металлической воласяной набивки (тонкая железная проволока). Схема прохода газа показана на рис. №31 - холодный и очищенный газ в фильтре поступает в смеситель для образования горючей взрывчатой смеси или рабочей смеси, путем добавления воздуха к генераторному газу, необходимого для сгорания газа. Рабочая газовая смесь всасывается двигателем

Смеситель конструкции инж. Введенского, так называемый турбулентного смешения сложен. Ради законства с устройством этого смесителя с точки зрения как не надо конструировать, разберем конструкцию и работу этого смесителя. Смеситель отлит из чугуна, имеет 4 флянцы (см. схему №32); фланец "Г" он крепится к всасывающей трубе двигателя, фланец "В" присоединяется к газопроводящей трубе. Остальные два фланца служат - один для присоединения к карбюратору (фланец "Б"), а другой "Д" к воздухоочистителю Понона. Смеситель имеет 4 заслонки, и кроме того заслонка остается у карбюратора. Назначение заслонок следующие: заслонка "Д" необходима для перевода двигателя на генераторный газ. При пуске двигателя на бензине она закрыта, при работе на газе она полностью открыта и никакой регулировки во время работы двигателя не требует. Заслонка "З" является второй дроссельной заслонкой карбюратора (первая имеется в самом карбюраторе "Эйсан"), она спарена посредством рычажков с заслонкой перевода на газ "Д". При открытии заслонки "Д" дроссельная заслонка "З" закрывается и наоборот. Заслонка "Ж" регулирует количество добавочного воздуха, необходимого для образования горючей газовой смеси в камере смешения "К" смесителя. Добавочный воздух проходит сквозь продолговатые прямоугольные отверстия вставного стакана "С", получая вихревые движения, способствующие более интенсивному смешению воздуха с газом. Удея смесителя Введенского хорошая, но конструкция вышла сложной и неудобной в практической работе, требующей небольших изменений его в сторону упрощения конструкции. Заслонка "Э" является дроссельной газовой заслонкой, регулирующей количество рабочей газовой смеси, поступающей в двигатель. При больших оборотах двигателя заслонка автоматически прикрывается тягой регулятора. Рабочая бензиновая смесь при запуске двигателя должна проходить через отверстия вставного стакана "С", с большим сопротивлением движения, так что получается постоянно задросселированная работа двигателя на бензине, препятствующая возникновению детонации и самовоспламенению бензиновой смеси при увеличенной степени сжатия. На практике это встретило большие затруднения при пуске двигателя на бензине, двигатель весьма трудно заводился даже при нормальной степени сжатия, при наличии этого смесителя. Монтаж смесителя трудно выполнять из-за тесно-

го места расположения его между цилиндрами второго и третьего.

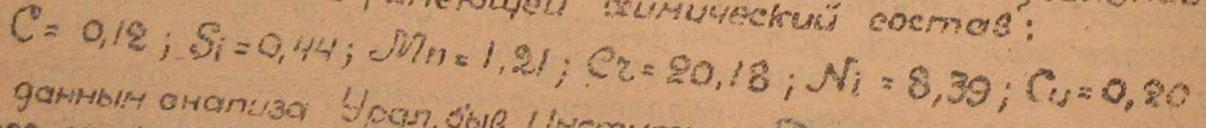
Управление газогенераторным трактором «Сталинец 60» с газогенератором «Автодор I» усложняется, по сравнению с работой на лигроине, только за счет добавления рычага заслонки добавочного воздуха, который в процессе работы трактора на генераторном газе иногда приходится регулировать, выводя наиболее выгодный режим работы двигателя и генератора. Рычаги управления, связанные с заслонками перевода на газ (заслонка «Д»), и бензиновая заслонка «З» при работе трактора на дровах не требуют за собой внимания, они необходимы только при пуске двигателя на бензине и при переводе на газ.

Общий вес газогенераторной установки «Автодор I» составляет 610 кг, увеличение трактора «Сталинец 60», при снятии лигроинового бака, кронштейнов этого бака и др. деталей, равно 380 кг, или 4% от общего веса трактора (8500 кг).

Газогенератор рассчитан на производительность силового газа в час 163 куб. мет. при сжигании 57 кг. сухих дров, т.е. с 1 кг. дров получается 2,84 м<sup>3</sup> газа. Напряженность горения топлива равна 460 кг. дров в час на 1 мет. сечения топливника. В настоящее время газогенератор «Автодор I» испытывается в эксплуатационной работе и после получения всех данных положительных и отрицательных, будут внесены соответствующие поправки в конструкцию и приступлено к серийному производству.

### ГАЗОГЕНЕРАТОР «БЕРЛИС»

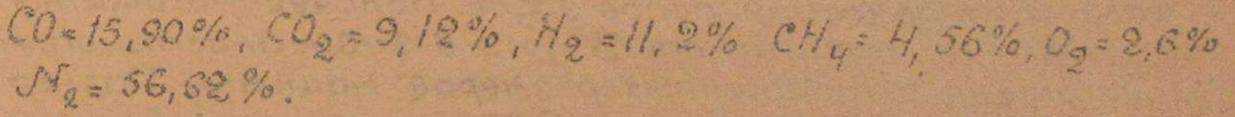
Дровяной газогенератор «Берлис» (Франция), по своим качествам является одним из наилучших конструкций для работы в условиях лесоработавок. Этот газогенератор долгое время испытывался на Урале в условиях лесобазиса на тракторе «Клетрак 40» в 31-32 г. и потом в 33-34 г. был смонтирован на автомашину «ЯМО-3». Газогенератор обратного горения целиком изготовлен из металла (см. схему № 33), топливник литой из специальной жароупорной стали, имеющей химический состав:



(по данным анализа Урал. бив. Института Дровесины) Газогенератор сложнее конструкции газогенераторов Декаленкова. Введенные в СССР конструкции газогенераторов «Берлис» в 30-31 г., в настоящее время отчасти устарели, новейшие газогенераторы «Инберт-Берлис» имеют большие совершенства конструкции, допускающей работать на более влажных дровах. Об этих отличиях мы коснемся ниже. Газогенераторная установка «Берлис» состоит из: 1) газогенератора; 2) очистителя

охлаждателей и 3) Смесителя. Общий вес всей установки = 400-500 кг.

Газогенератор «Берлис» имеет 3 стенки, между которыми движется воздух (между наружной и средней) и генераторный газ (между средней и внутренней), навстречу друг другу. Благодаря этому первичный воздух подогревается до +100°С, поступаая в зону горения горячим, чем достигается большой коэффициент использования тепловой энергии топлива. Генераторный газ наоборот, идя навстречу движению воздуха, охлаждается до +130°С и подогревает топливо в бункере. Отсос генераторного газа происходит в верхней части генератора через патрубок «1» (см. схему № 33). Подача первичного воздуха в топливник осуществляется через 3 шт. фурн диаметром φ 10 мм, со скоростью 30 мет/сек. Газогенератор обратного горения. Сечение топливника, диаметром (на уровне фурн) - 340 мм, суживается в средней его части до «170» мм, что по выдому, сделано с целью для получения прохода газа через весь слой расколенного угля топливника, обеспечивая этим более полную реакцию раскисления «СО<sub>2</sub>». Напряженность горения генератора «Берлис» при работе с двигателем трактора «Клетрак 40» составляет 600-700 кг. дров в час на м<sup>2</sup>. Высота активной зоны топливника = 250 мм. Емкость бункера газогенератора 0,25 м<sup>3</sup> или 60 кг. дров воздушной сушки. Главные размеры газогенератора; высота 1530 мм, наружный диаметр 600 мм, внутренний диаметр 540 мм. Газогенератор давал следующий газ при работе на дровах; (по данным анализа бив. Урал. Института Дровесины):



Средняя теплотворная способность газа 1-го куб. мет. составляла = 1185 кал/м<sup>3</sup>. Из 1 кг дров влажность 25%, выход газа доходил до 2,3 м<sup>3</sup>. Следовательно на 1 кг. дров получалось 2,2 x 1185 = 2607 кал. полезной теплоты. Теплотворность 1 кг. дров равна 3163 кал. Термический к.п.д газогенератора

$\eta = \frac{2607}{3163} = 0,824$ .

Более совершенной конструкции газогенератора «Берлис» строит немецкая фирма «Инберт» (Берлин). Отличительной особенностью газогенератора «Инберта» является наличие внутреннего кожуха с отверстиями (см. схему № 34) для отвода и конденсации паров воды, образующихся в верхней части бункера. Сконденсированные пары в воду отводятся через отстойник - «2» Этим устройством газогенератор может работать на более влажных дровах. Колосниковая ре-

щетка в газогенераторе „Имберт“ отсутствует. Генераторный газ проходит сквозь слой угля в топливнике и далее через толщу угля, окружающего топливник, э́тим достигается большое время пребывания газа в зоне восстановления и уменьшаются размеры высоты активного слоя, за счет чего возможно увеличить высоту, а следовательно и объем бункера. Кроме того генераторный газ, проходя сквозь слой угля, окружающий топливник с сравнительно низкой скоростью, получает грубую очистку, оставляя крупные примеси (зола и др.) в этом слое.

Очистители газогенераторной установки „Имберт-Берлис“ представляют собою ряд цилиндрических или прямоугольных сосудов, имеющих внутри набивку из железных дырчатых вертикальных пластин. Расположение отверстий в пластинах в шахматном порядке; сделано это для создания вихревых движений газа. Все пластины укреплены на железных опорах и могут легко выниматься из цилиндра очистителя для очистки. Данный тип очистителей принадлежит к инерционным очистителям, очистка газа основана на образовании сил инерции, появляющихся при вихревых скоростях, при проходе газа через отверстия пластин газ все время меняет направление и скорость движения, отчего инородные частицы осаждаются на нижней стенке очистителя.

Очистка этими очистителями не совсем совершенна, генераторный газ, выходя из очистителя, нуждается еще в тонкой очистке через фильтр. Большим достоинством этих очистителей является сравнительная простота конструкции. В очистителях одновременно происходит охлаждение газа и конденсация паров воды. Количество очистителей ставятся на машину от 3 до 5 в зависимости от мощности двигателя и габаритных размеров машины. Размер одного очистителя равен: диаметр 200 мм, длина от 1 мет. до 2 мет.

Общие данные о конструкциях газогенераторов. Кроме разобранных нами основных конструкций газогенераторов, имеются другие газогенераторы, например, участвующие в пробеге в 1934 г. Москва-Ленинград-Москва, импортированные ранее в 30-31 г. конструкции различных научных учреждений и отдельных авторов. Остановившись на всех нет возможности из-за недостатка места в данном пособии. Отметим лишь кратко наиболее интересные конструкции. Разобранные нами конструкции газогенераторов все работают по схеме обратного горения или опрокинутого процесса. Газогенераторы для автомашин и тракторов прямого горения почти не встречаются, как исключение является угольный газогенератор проф. Наумова, смонтированный на грузовике - фургон 1 1/2 тонн, который участвовал в пробеге в 32 г. Ленинград - Тифлис и в 1934 г.

в пробеге Москва-Ленинград и обратно. Данный газогенератор может работать только на хорошо перешаженном угле, при плохом обжиге угля генератор выделяет смолу и засоряет двигатель.

Большим интересом является для лесной промышленности использование стандартных дров пол-метра для топки газогенераторов, на подобие топки узкоколейных паровозов. Попыткой применения длинных дров для авто-тракторных газогенераторов занимается проф. Ветчинкин Н.С., построивший 2 модели газогенераторов „НСВ-3“ и „НСВ-4“ для автомашин „АМО-3“ и „ГАЗ-АЯ“, и институт Лесосплава, конструкция инж. Кузнецова для моторного катера. Однако хороших надежных результатов работы газогенераторов на стандартных дровах не получено. Из советских дровяных газогенераторов интересны конструкция инж. Мезина (НАТИ) для автомашины „ГАЗ-АЯ“, видоизмененная конструкция „Берлис“, обладающая еще рядом дефектов, требующих доработки, конструкция инж. Зведенского (Газогенераторстрой) для автомашины „ЗИС-5“ и для трактора „ЧТЗ“ модели „В-3“ и „В-4“, сложной конструкции газогенератора, что свойственно всем конструкциям газогенераторов Зведенского, отчего они обычно страдают при эксплуатации работы, затрудняя уход и обслуживание. Инт. ресы конструкции газогенераторов „НАТИ (инж. Семенов-Жуков) и ЦНИИМЭ (инж. Кулябина), строящихся на Пермском заводе „Коммунар“ и заводе „ЧТЗ“, для тракторов „Сталинец 60“. Обе конструкции принципиально ничем не отличаются, т.к. в конструкции взяты принципы газогенератора „Берлис“, с внесением ряда изменений и совершенств, различие заключается только в конструктивном оформлении. Из угольных газогенераторов обратного горения заслуживает внимания газогенераторная установка „ВЯММ“ (проф. Карпов В.П.) для пяти-тонной машины „ДЗ“, участвовавшей в пробеге Москва-Ленинград и обратно. Единственным недостатком ее является наличие 2х спаренных газогенераторов и не надежно работающие очистители газа. За последнее время Лен. Индустриальный Институт (инж. Володин) разработал и испытал конструкцию угольного газогенератора с центральной подачей воздуха для автомашины „ГАЗ-АЯ“. Результаты испытаний показали хорошие качества, конструкция газогенераторной установки проста и надежна в работе. Упомянуты еще другие конструкции газогенераторов, например, газогенератор обратного горения проф. Наумова для бурового угля (недожженный уголь), ряд импортных газогенераторов, например, „Саган“, „Бартье“, „Явтагаз“ и др. однако неиспользованные или забракованные при испытаниях. Однако все поименованные конструкции газогенераторов не внедрены в промышленность, единственные конструкции Декаленкова работают в лесной промышленности и единичные экземпляры газогенераторов „СЛМ-1“.

## IV АВТОТРАКТОРНЫЕ ДВИГАТЕЛИ, РАБОТАЮЩИЕ НА ГАЗООБРАЗНОМ ТОПЛИВЕ.

### 1. Причина падения мощности двигателей при переходе с жидкого топлива на генераторный газ.

Газовые автотракторные двигатели отличаются от карбюраторных тем, что в них работа совершается за счет сгорания смеси силового газа с воздухом, а не смеси жидкого топлива с воздухом.

В настоящее время специальных автотракторных двигателей, приспособленных к работе на газообразном топливе, не строят, а используют двигатели, которые были предназначены для работы на жидком топливе. При переходе автомобилей и тракторов с жидкого топлива на газообразное, не меняя конструкцию двигателей, происходит потеря мощности, которая выражается в 40-50% от эффективной мощности двигателя. Основными причинами, которые вызывают потерю мощности двигателя при переходе с жидкого топлива на газообразное, являются следующие:

- 1) низкая теплотворная способность газовой рабочей смеси по сравнению с бензиновой;
- 2) понижение коэффициента подачи двигателя;
- 3) сокращение объема продуктов сгорания газовой рабочей смеси, против объема свежей смеси;
- 4) понижение механического коэффициента полезного действия двигателя;

Низкая теплопроводная способность газовой рабочей смеси, по сравнению с бензиновой, является основной причиной потери мощности двигателя. Если кубический метр рабочей смеси из бензина и воздуха имеет теплотворную способность около  $750 - 850 \frac{\text{кал}}{\text{м}^3}$ , то кубометр рабочей смеси, полученной из генераторного газа и воздуха, составляет всего  $450 - 500 \frac{\text{кал}}{\text{м}^3}$  при  $0^\circ\text{C}$  и 760 мм рт. столба. Кроме того, здесь необходимо будет учесть и то обстоятельство, что рабочая смесь, получаемая из газа и воздуха, имеет более высокую температуру, чем рабочая смесь, получаемая из бензина и воздуха. Эта высокая температура рабочей смеси будет еще больше уменьшать теплотворную способность  $1 \text{ м}^3$  газовой рабочей смеси. Также на теплотворную способность газовой смеси будет влиять и влага, находящаяся в газе; при увеличении влаги в газе, теплотворная способность  $1 \text{ м}^3$  газовой рабочей смеси будет понижаться.

Понижение коэффициента подачи двигателя происходит благодаря уменьшению давления всасывания, которое получается вследствие уменьшения давления всасывания, которое получается вследствие увеличения сопротивлений при всасывании за счет газогенераторной установки и увеличения температуры рабочей смеси, поступающей в двигатель.

Сокращение объема продуктов сгорания газовой рабочей смеси, против объема свежей смеси, происходит благодаря физико-химическим свойствам рабочей смеси, получаемой из генераторного газа и воздуха. При сгорании жидких топлив происходит увеличение объема продуктов сгорания против первоначального объема рабочей смеси, полученной из жидкого топлива и воздуха; тогда как при сгорании генераторного газа происходит уменьшение объема продуктов сгорания против первоначального объема рабочей смеси, полученной из генераторного газа и воздуха (рабочая смесь и продукты сгорания должны быть приведены к одинаковым давлениям и температурам).

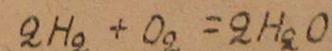
Понижение механического коэффициента полезного действия двигателя происходит вследствие того, что расход мощности на трение остается постоянным, а общая мощность двигателя падает. Следовательно, если при работе двигателя на жидком топливе расход мощности на трение будет составлять 10-20%, то при работе на газообразном топливе последний будет 20-30%.

Для того, чтобы детально рассмотреть влияние каждой из вышеуказанных причин на потерю мощности, необходимо произвести тепловое исследование двигателя, которое позволит разобратся в тех сложных явлениях, какие происходят в цилиндре двигателя при превращении термохимической энергии топлива в механическую работу.

### 2. Реакция сгорания газообразного топлива.

Основными составляющими газообразных топлив являются: водород ( $\text{H}_2$ ), кислород ( $\text{O}_2$ ), азот ( $\text{N}_2$ ), окись углерода ( $\text{CO}$ ), углекислота ( $\text{CO}_2$ ), водяной пар ( $\text{H}_2\text{O}$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ) и реже углеводороды состава  $\text{C}_m \text{H}_n$ . Горючими газами будет  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{C}_m \text{H}_n$ , для которых и составим реакции сгорания.

Сгорание водорода в водяной пар происходит по формуле

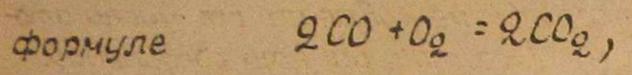


Из этой формулы видно, что 2 объемные части  $\text{H}_2$  (например  $2 \text{ м}^3$ ) требуют для полного сгорания наличия 1 объемной части ( $1 \text{ м}^3$ )  $\text{O}_2$  и что образовавшийся водяной пар (приведенный к начальной температуре и давлению) занимает объем, равный двум кубическим метрам. Следовательно  $2 + 1 = 3 \text{ м}^3$  газовой смеси обра-

щуются в 2 м<sup>3</sup> продуктов сгорания. При этом происходит уменьшение объема до 2/3 первоначального, т.е. на 1 м<sup>3</sup>. Необходимый для сгорания водорода кислород по объему равен половине водорода.

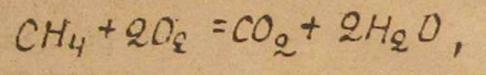
В результате сгорания получается столько же водяных паров (по объему), сколько было водорода.

Сгорание окиси углерода CO в углекислоту происходит по формуле



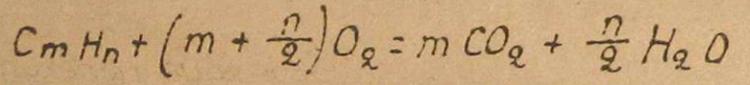
откуда видно, что объем продуктов сгорания равен 2/3 объема вступающих в реакцию веществ и что объем кислорода равен половине объема окиси углерода, аналогично тому, как это имеет место при сгорании водорода.

Сгорание метана CH<sub>4</sub> происходит по формуле



откуда видно, что 1 объемная часть CH<sub>4</sub> (например 1 м<sup>3</sup>) будет для полного сгорания 2 объемные части (2 м<sup>3</sup>) O<sub>2</sub>, получившиеся продукты сгорания углекислота и водяной пар (приведенные к начальной температуре и давлению) занимают объем, равный трем кубическим метрам. Следовательно 1+2=3 м<sup>3</sup> газовой смеси обращаются в 3 м<sup>3</sup> продуктов сгорания, т.е. при сгорании метана изменения объема не происходит.

Если имеется углеводородистое соединение состава C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, то сгорание происходит согласно уравнению.



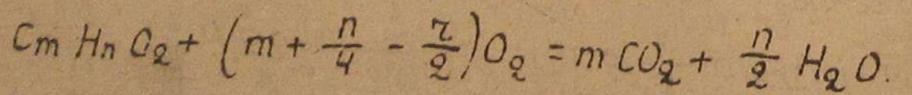
Следовательно, при сгорании 1 м<sup>3</sup> C<sub>m</sub>H<sub>n</sub> требуется (m + n/2) м<sup>3</sup> кислорода.

Отсюда видно, что из (1 + m + n/4) м<sup>3</sup> газообразной смеси, образуется (m + n/2) м<sup>3</sup> продуктов сгорания, а изменение объема равно

$$(m + \frac{n}{2}) - (1 + m + \frac{n}{4}) = (\frac{n}{4} - 1) m^3$$

Отсюда видно, что для углеводородов, имеющих число атомов H больше четырех, объем продуктов сгорания увеличивается.

В том случае, когда в топливе содержится кислород (O<sub>2</sub>) в количестве z атомов, то реакция сгорания этого топлива происходит по следующему уравнению.



На основании этой реакции видно, что из [1 + (m + n/4 - z/2)] м<sup>3</sup>

газообразной смеси образуется (m + n/2) м<sup>3</sup> продуктов сгорания. Изменение объема после сгорания может быть определено как разность объемов газов после сгорания и до сгорания

$$(m + \frac{n}{2}) - [1 + (m + \frac{n}{4} - \frac{z}{2})] = (\frac{n}{4} + \frac{z}{2} - 1) m^3$$

Таким образом можно сказать, что изменение объема газов в процессе реакции сгорания зависит только от числа атомов водорода (n) и кислорода (z), а совсем не зависит от числа атомов углерода (m), которое входит в состав данного соединения.

При определении количества продуктов сгорания и необходимого для сгорания воздуха, удобнее вести подсчет в так называемых килограмм-молекулах или молях, т.к. это дает очень много практических удобств.

Закон Авогадро гласит, что все газы при одинаковых температурах и давлениях в равных объемах содержат одинаковое количество молекул. Таким образом, удельные веса газов относятся как молекулярные веса.

$$\frac{\delta_1}{\delta_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

Известно, что удельные веса обратно пропорциональны удельным объемам

$$\delta_1 = \frac{1}{v_1} \quad \text{и} \quad \delta_2 = \frac{1}{v_2}$$

следовательно,

$$m_1 v_1 = m_2 v_2$$

Здесь m<sub>1</sub> и m<sub>2</sub> есть числа, выражающие молекулярные веса, а v<sub>1</sub> и v<sub>2</sub> представляют объемы одного килограмма. Вес равный m кг. и называют килограмм-молекулой или молем, т.е. вес одного моля данного газа равен его молекулярному весу. (для H<sub>2</sub> вес моля = 2, для CO вес моля = 28 и т.д.)

Из последнего равенства также видно, что объем одного моля при равных температурах и давлениях есть величина постоянная, т.е. 2 кг. H<sub>2</sub> занимают тот же объем, что и 28 кг. CO или 32 кг. O<sub>2</sub> и т.д.

Объем одного моля (при 0° и 760 мм) будет равен

$$m \cdot v = 22,4 \text{ м}^3$$

например, удельный вес для кислорода  $\delta_{O_2} = 1,429234 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ , подставляя в выражение m v получим

$$m v = m \frac{1}{\delta} = 32 \frac{1}{1,429234} = 22,4 \text{ м}^3$$

Отсюда видно, что счет в молях равносильен счету в объемных единицах, не требуя однако оговорок относительно давления

и температуры.  
Газовая постоянная, отнесенная к одному моллю, для всех газов будет равна  $mR = 848 \text{ кг.м.}$

Последнее выражение представляет собой работу одного моля произвольного газа, при постоянном давлении, при нагревании его на  $1^\circ\text{C}$ .

Ниже приводится таблица значений молекулярных весов, удельных весов и газовой постоянной для важнейших газов.  
Таблица №1.

Газы	Химические обозначения	Молекулярный вес		Удельный вес при $0^\circ$ 4760 мм рт.ст.	Газовая постоянная R
		Точный $O_2=32$	Приблизительный		
Кислород	$O_2$	32	32	1,429	26,5
Водород	$H_2$	2,016	2	0,09	420,6
Азот	$N_2$	28,02	28	1,251	30,26
Окись углерода	$CO$	28	28	1,25	30,29
Углекислота	$CO_2$	44	44	1,964	19,27
Водяные пары	$H_2O$	18,016	18	0,804	47,06
Воздух	-	28,95	29	1,293	29,27
Дцетилен	$C_2H_2$	26,016	26	1,162	32,59
Метан	$CH_4$	16,032	16	0,715	52,9
Этилен	$C_2H_4$	28,032	28	1,251	30,25

3. Необходимое количество воздуха при сгорании.

Количество кислорода, теоретически необходимого для сжигания топлива, определится на основании вышеприведенных реакций сгорания.

Если состав газа дан в долях килограмма газа, то будем иметь:

$$O_{\text{min}} = \left[ \frac{4}{7} CO + 8H_2 + 4CH_4 + \frac{8(4m+n)}{12m+n} C_mH_n - O_2 \right] \frac{\text{кг.}}{\text{кг.}}$$

В случае, если состав газа дан в долях кубического метра или моля, получим

$$O_{\text{min}} = \left[ 0,5(CO + H_2) + 2CH_4 + \left(m + \frac{n}{2}\right) C_mH_n - O_2 \right] \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

Теоретическое количество необходимого воздуха для сжигания топлива, выраженное в молях, будет:

состав газа дан в долях килограмма газа

$$L_0 = \frac{O_{\text{min}}}{0,23 \cdot 28,95} = \frac{1}{0,23 \cdot 28,95} \left[ \frac{4}{7} CO + 8H_2 + 4CH_4 + \frac{8(4m+n)}{12m+n} C_mH_n - O_2 \right]$$

Если состав газа дан в долях кубического метра или моля, то получим

$$L_0 = \frac{O_{\text{min}}}{0,21} = \frac{1}{0,21} \left[ 0,5(CO + H_2) + 2CH_4 + \left(m + \frac{n}{2}\right) C_mH_n - O_2 \right] \text{ мол.},$$

где 0,23 - количество содержания кислорода в воздухе по весу.

0,21 - количество содержания кислорода в воздухе по объему.

28,95 - молекулярный вес воздуха.

Теоретически необходимого количества воздуха для обеспечения полноты сгорания топлива недостаточно, т.е. в действительных условиях работы двигателя не удается идеально перемешать топливо с воздухом. Следовательно, часть топлива, благодаря малому пространству времени, отводимому на процесс сгорания, не вступит в реакцию сгорания с кислородом воздуха и несгоревшая часть топлива будет удалена из цилиндра двигателя вместе с выхлопными газами.

Для лучшего сгорания топлива вводят избыточное количество воздуха, которое обеспечит полноту сгорания топлива. Отношение действительно введенного в цилиндр двигателя количества воздуха  $L$  к теоретически необходимому  $L_0$  называется коэффициентом избытка воздуха  $\alpha$ .

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

откуда  $L = \alpha L_0$

Ниже приводится таблица 2 коэффициентов избытка воздуха для различных двигателей.

Таблица №2.

Наименование двигателя	Коэффициент избытка воздуха
Газогенераторные двигатели	1,1 - 1,4
Керосиновые двигатели	1 - 1,2
Бензиновые двигатели	0,9 - 1,1

В двигателях, работающих на газообразном топливе, получаемом из дров, коэффициент избытка воздуха нужно брать в пределах  $\alpha = 1,10 - 1,2$ , т.к. с увеличением последнего будет уменьшаться скорость сгорания рабочей смеси, которая для газообразного топлива и без того значительно ниже скорости сгорания рабочей смеси жидкого топлива.

Теплоотверная способность газообразного топлива может быть определена или калориметром или по формуле. Всего количества тепла, которое выделяется при сгорании топлива, использовать в двигателе внутреннего сгорания не представляется возможным, так как отходящие газы покидают двигатель с высокой температурой, а вместе с последними уносится тепло, затраченное на парообразование воды, полученной от сгорания водорода топлива.

Следовательно, теплота конденсации водяного пара продуктов сгорания не может быть утилизирована в двигателе, а поэтому она и не может быть включена в располагаемое тепло от сгорания топлива. Эта теплота конденсации водяного пара может быть учтена только калориметром, т.е. калориметр учитывает полную теплоотверную способность - высшую.

При тепловых подсчетах всегда берут, так называемую, рабочую теплоотверную способность - низшую, которая получается как разность из высшей теплоотверной способности топлива и теплоты конденсации водяного пара.

$$H_u = H_o - 600 W,$$

где  $H_u$  - низшая теплоотверная способность  
 $H_o$  - высшая  
 $W$  - количество воды, полученной в продуктах сгорания на 1 кг. топлива.

Рабочая теплоотверная способность жидкого и твердого топлива может быть определена по формуле Менделеева.

$$H_u = 81C + 300H - 26(O - S) - 6(W + 9H) \frac{\text{ккал}}{\text{кг}},$$

где  $C, H, O, S$  и  $W$  - содержание углерода, водорода, кислорода, серы и воды в процентах по весу.

Рабочая теплоотверная способность газообразного топлива определится как сумма произведений теплоотверных способностей отдельных газов, входящих в данное газообразное топливо, на процентное содержание отдельных газов в топливе. Для 1 м<sup>3</sup> или моля будем иметь:

$$H_u = H_{CO} \cdot C + H_{H_2} \cdot H_2 + H_{CH_4} \cdot CH_4 + H_{C_2H_2} \cdot C_2H_2 + H_{C_2H_4} \cdot C_2H_4.$$

Здесь  $H_{CO}, H_{H_2}, H_{CH_4}, H_{C_2H_2}$  и  $H_{C_2H_4}$  - теплоотверные способности 1 м<sup>3</sup> или моля соответствующих газов.

$CO, H_2, CH_4, C_2H_2$  и  $C_2H_4$  - процентное содержание отдельных газов в объемных долях.

Рабочие теплоотверные способности отдельных газов 1 м<sup>3</sup> и одного моля приведены в нижеследующей таблице 3.

Таблица №3

Газы	Рабочая теплоотверная способность 1 м <sup>3</sup> газа при 0°С и 760 мм рт.ст.	Рабочая теплоотверная способность одного моля газа
Оксид углерода CO	3050	68320
Водород H <sub>2</sub>	2570	57580
Метан CH <sub>4</sub>	8510	190810
Ацетилен C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	13470	301580
Этилен C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	14070	315250

В двигателе происходит засасывание не только одного топлива, но и необходимого количества воздуха, требуемого для полного сгорания этого топлива, следовательно, на количество выделившегося тепла и работы в цилиндре двигателя, будет оказывать влияние не теплоотверная способность топлива, а теплоотверная способность рабочей смеси, состоящей из топлива и воздуха.

Если известна теплоотверная способность газообразного топлива и действительное количество необходимого для сгорания воздуха, то теплоотверная способность рабочей смеси может быть определена по формуле

$$H_d = \frac{H_u}{1 + L}$$

где  $H_u$  - рабочая теплоотверная способность 1 м<sup>3</sup> или 1 моля газа.  
 $L$  - действительное количество воздуха, необходимое для сгорания 1 м<sup>3</sup> или 1 моля газа.

Эта формула действительна также и для жидкого топлива, причем тогда  $H_u$  - будет теплоотверная способность 1 кг. топлива, а  $L$  - действительное количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг. топлива.

Примерный состав и теплоотверные способности генераторного газа даны в таблице 4.

Таблица №4

Конструкция газогенератора	Топливо	Состав газа в % по объему						Теплоотвер. способн. 1 м <sup>3</sup> газа при 0°С и 760 мм рт.ст.
		CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Σ	
Декаленкова	Березовые дрова	9,5	15,4	2,6	12,2	4,2	56,1	1004
Берлис	---	13	15,5	2,65	14	1,87	53	1039
Н.А.Т.И.В.-3	---	15,6	12,3	2,8	12,3	1,6	55,4	930
О.К.В.-8	---	11,5	14,9	2,4	15,1	1,3	54,8	1047
Наумова	Древесн. уголь	5,2	28,6	2,3	2,1	0,5	61,3	1123

Определив теплотворную способность того или иного газа, нетрудно будет по вышеприведенной формуле подсчитать теплотворную способность рабочей смеси при различных коэффициентах избытка воздуха.

При подсчете теплотворной способности рабочей смеси (для газообразного топлива) необходимо учесть, что здесь представляет из себя теплотворную способность 1 м³ газа при данном давлении и температуре.

Так как по формуле теплотворной способности, приведенной выше, можно подсчитать последнюю только при давлении P₀ = 1,033 ата и температуре T₀ = 273 авь (0°С и 760 мм рт.ст.), то для перехода от нормальных давлений и температур к действительным нужно воспользоваться формулой

$$H_u = \frac{273}{1,033} \frac{P_0}{T_0} H_u^0$$

где H\_u - теплотворная способность 1 м³ газа при данном давлении и температуре.

P₀ - давление газовой рабочей смеси после смесителя, которое можно принять P₀ ≈ 1.

T₀ - температура смеси газа с воздухом T₀ = T\_{см}.

H\_u⁰ - теплотворная способность 1 м³ газа при P₀ = 1,033 ата

и T₀ = 273 авь (0° и 760 мм. рт. ст.).

Если теплотворная способность газа определяется не на 1 м³, а на 1 моль, то вводить поправок на давление и температуру не требуется, т.е. теплотворная способность 1 моля газа представляет собой величину постоянную.

В этом и есть преимущество проведения всех расчетов в молях.

Например, для генераторного газа получаемого из дров H\_u = 1050 кал/м³ и L = 1,1 м³ (при α = 1,15), тогда теплотворная способность 1 м³ рабочей смеси будет

$$H_g = \frac{1050}{1+1,1} = 500 \text{ кал/м}^3$$

В случае бензина (считая, что бензин находится в воздухе в распыленном состоянии пренебрегая его объемом) будем иметь при H\_u = 10400 кал. и L = 14,1 м³ (при α = 1,1).

$$H_g = \frac{10400}{0+14,1} = 738 \text{ кал/м}^3$$

В случае спирта H\_u = 6400 кал. и L = 9,1 м³ при α = 1,2 будем иметь

$$H_g = \frac{6400}{0+9,1} = 704 \text{ кал/м}^3$$

В случае керосина при H\_u = 10200 кал. и L = 15,36 м³ при α = 1,2 будет

$$H_g = \frac{10200}{0+15,36} = 664 \text{ кал.}$$

Сравнивая теплотворные способности 1 м³ рабочих смесей для вышеуказанных топлив, видим, что теплотворная способность

1 м³ рабочей смеси, получаемой из генераторного газа и воздуха, является самой низкой. Так как мощность, развиваемая двигателем, при всех прочих равных условиях находится почти в прямой зависимости от количества выделенного внутри цилиндра двигателя тепла, то очевидно, двигатель при переводе с жидкого топлива на газообразное не будет давать той же мощности, а только часть ее, т.е. будем иметь потерю мощности за счет пониженной калорийности рабочей смеси газа с воздухом.

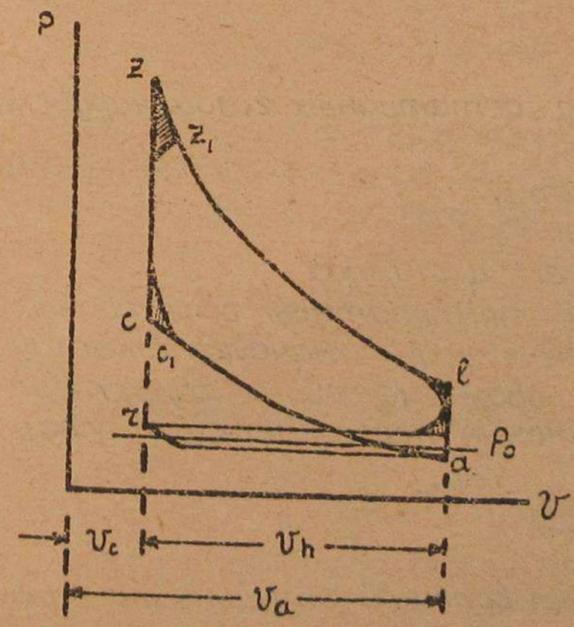
### 5. РАБОЧИЙ ЦИКЛ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.

Рабочие циклы двигателя бывают теоретические и действительные.

Теоретическим циклом называется такой цикл, который протекает при следующих допущениях:

- 1) кривые сжатия и расширения - адиабаты
- 2) кривые сгорания и выхлопа - изохоры
- 3) теплоемкости газов постоянны.

В действительных условиях все двигатели работают по реальному действительному циклу, т.к. имеется теплообмен, изменяемость теплоемкостей и кривые сгорания и выхлопа не являются изохорами. Отличие теоретической индикаторной диаграммы от действительной видно на фиг. 1.



фиг. 1.

Действительный рабочий цикл двигателя можно подразделить на пять следующих самостоятельных процессов.

- 1) всасывание, 2) сжатие, 3) сгорание, 4) расширение и 5) выхлоп.

Так как в настоящее время на автомобилях и тракторах почти исключительно применяются 4-тактные и работающие по циклу Отто двигатели, то мы в дальнейшем и будем рассматривать только этот тип двигателей.

#### а) Процесс всасывания.

После окончания процесса выхлопа отработанных газов из двигателя, в камере сжатия останется часть этих газов с давлением несколько выше атмосферного. При обратном ходе поршня остаточные газы начинают расширяться и когда их давление будет ниже атмосферного, то благодаря открытию всасывающего клапана и разрежению, создаваемому движением поршня, цилиндр двигателя будет заполняться рабочей смесью (фиг. 2). В процессе всасывания объем цилиндра двигателя будет запол-



Фиг. 2

няться рабочей смесью неполностью, так как там будут находиться остаточные газы вследствие сопротивления всасывающей системы. Для оценки степени заполнения цилиндра рабочей смесью служит коэффициент подачи  $\eta_v$ , под которым понимается весовое отношение действительно засосанного количества смеси в цилиндр двигателя за один процесс всасывания, к теоретически возможному, если смесь находится при температуре и давлении окружающей среды.

Следовательно  $\eta_v = \frac{G_0}{G_h}$ , где  $G_0$  - вес засосанной смеси,  $G_h$  - вес смеси в объеме  $V_h$  при давлении и температуре  $P_0$  и  $T_0$  (фиг. 3).

После окончания процесса всасывания, вес всего заряда будет равен сумме остаточных газов и свежей смеси  $G_a = G_z + G_0$  или  $G_a = G_z + \eta_v G_h$ , где  $G_a$  - вес заряда в точке а,  $G_z$  - вес остаточных газов. Обозначаем  $P_z, P_0$  и  $P_a$  - давления остаточных газов, наружного воздуха и начала сжатия.  $V_c$  - объем камеры сжатия,  $V_h$  - рабочий объем цилиндра,  $V_a = V_h + V_c$  - полный объем цилиндра.  $T_z, T_0$  и  $T_a$  - абсолютные температуры остаточных газов, рабочей смеси и начала сжатия.

На основании вышеуказанных обозначений и характеристического  $PV = GRT$  последнее уравнение переписывается в следующем виде  $\frac{P_a V_a}{R_a T_a} = \frac{P_z V_c}{R_z T_z} + \eta_v \frac{P_0 V_h}{R_0 T_0}$ . Газовые постоянные  $R_a, R_z$  и  $R_0$  без большой погрешности можно принять равными между собой, тогда получим  $\eta_v = \frac{P_a V_a T_0}{T_a P_0 V_h} - \frac{P_z V_c T_0}{T_z P_0 V_h}$ . Приняв во внимание, что  $\frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = \Sigma$  (степень сжатия) и  $\frac{V_h}{V_c} = \frac{V_a - V_c}{V_c} = \Sigma - 1$ ; тогда  $\frac{V_a}{V_h} = \frac{V_a}{V_c (\Sigma - 1)} = \frac{\Sigma}{\Sigma - 1}$  будем иметь

$$\eta_v = \frac{P_a T_0}{T_a P_0} \frac{\Sigma}{\Sigma - 1} - \frac{1}{\Sigma - 1} \frac{P_z T_0}{T_z P_0} = \frac{T_0}{P_0 (\Sigma - 1)} \left[ \frac{P_a \Sigma}{T_a} - \frac{P_z}{T_z} \right]$$

$$\eta_v = \frac{P_a T_0}{T_a P_0} \frac{\Sigma}{\Sigma - 1} - \frac{1}{\Sigma - 1} \frac{P_z T_0}{T_z P_0} = \frac{T_0}{P_0 (\Sigma - 1)} \left[ \frac{P_a \Sigma}{T_a} - \frac{P_z}{T_z} \right]$$

Из окончательного выражения для коэффициента подачи видно, что последний зависит от  $P_a, T_a, \Sigma, P_z$  и  $T_z$  разберем их в отдельности.

С увеличением  $P_a$  коэффициент подачи увеличивается, величина последнего зависит от тех сопротивлений, которые имеются во всасывающем трубопроводе в газогенераторных двигателях кроме сопротивления во всасывающем трубопроводе на величину  $P_a$ , также большое влияние оказывает сопротивление газогенераторной установки, которое для газогенераторов колеблется от 500 до 750 мм водного столба и для смесителей около 200-250 мм вод. столба (сопротивление смесителя равно примерно сопротивлению карбюратора). Отсюда видно, что общее сопротивление у газогенераторных двигателей (при 1000-1500 об/мин) колеблется от 700 до 1000 мм вод. столба, следовательно если давление начала сжатия и автотракторных двигателей, работающих на жидком топливе колеблется в пределах 0,9-0,92 ата, то для указанных двигателей, переведенных на газ, оно будет 0,8-0,85 ата.

Следовательно, при проектировании конструктор все время должен помнить о том, чтобы вся газогенераторная установка имела конструктивные формы с наименьшими сопротивлениями.

Повышение температуры начала сжатия  $T_a$  понижает коэффициент подачи, так как при этом происходит увеличение удельного объема рабочей смеси и, следовательно, уменьшение ее веса. Величина  $T_a$  зависит от начальной температуры всасывания, от температуры и количества остаточных газов, от температуры стенок цилиндра и от числа оборотов двигателя.

Температура  $T_a$  может быть определена по формуле

$$T_a = \frac{T_0' + \gamma T_z}{1 - \gamma}$$

где  $T_0'$  - температура смеси плюс нагрев от стенок цилиндра, последний равен 10-15°C.  $T_z$  - температура остаточных газов, которая колеблется от 700 до 900°.  $\gamma$  - коэффициент остаточных газов, т.е. отношение остаточных газов к свежему заряду. Температура смеси  $T_{см}$  может быть определена по известной термодинамической формуле

$$T_{см} = \frac{P_1 V_1 + P_2 V_2}{\frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2}}$$



Для современных автотракторных двигателей (работающих на жидком топливе) даются следующие фазы распределения всасывания:

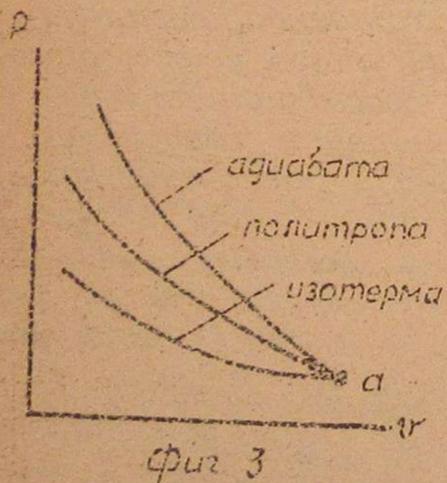
Угол открытия всасывающего клапана - 0-15° поворота кривошипа  
" закрытия " " " 20-60° " " "

Для газовых двигателей угол закрытия всасывающего клапана должен быть меньше на 10-20°, т.к. давление во всасывающем трубопроводе будет всегда ниже атмосферного (по вышеуказанным причинам), а следовательно при большом запаздывании закрытия всасывающего клапана рабочая смесь из цилиндра может быть удалена обратно во всасывающий трубопровод.

5) Процесс сжатия.

Сжатие свежей смеси в цилиндре начнется с момента закрытия всасывающего клапана.

В идеальной машине сжатие должно было бы протекать по адиабатической кривой (без теплообмена), но благодаря теплообмена со стенками цилиндра и камерой сжатия, в действительной машине, мы имеем сжатие, протекающее по политропической кривой. В начале процесса сжатия происходит нагревание рабочей смеси от стенок цилиндра и кривая сжатия имеет показатель политропы выше показателя адиабаты.



По мере нагрева смеси кривая будет приближаться к адиабате и когда смесь будет иметь температуру стенки, то кривая начнет приближаться к изотерме, т.к. тепло от сжатой смеси, имеющей температуру выше стенки цилиндра, будет передаться обратно стенкам - показатель линии сжатия уменьшается. Благодаря различным температурам, имеющимся внутри цилиндра и в камере сжатия, оба вышеуказанные явления могут наблюдаться одновременно, т.е. приток тепла от нагретых частей к смеси и отвод тепла смеси к холодным стенкам цилиндра.

В виду сложности протекания явлений при сжатии, дать какой-либо аналитический расчет данного процесса не представляется возможным, а поэтому при тепловых расчетах принята линия сжатия считать за политропу с показателем  $\pi_1$ , который во время всего сжатия должен оставаться постоянным.

Среднее значение показателя политропы сжатия колеблется

в пределах  $\pi_1 = 1.3 - 1.38$ , причем нижний предел берется для моторов с интенсивным охлаждением и малым числом оборотов, а верхний предел берется для моторов с менее интенсивным охлаждением и большим числом оборотов. Температура конца сжатия может быть определена по формуле

$$T_c = \left(\frac{V_a}{V_c}\right)^{\pi_1 - 1} \cdot T_a = T_a \Sigma^{\pi_1 - 1}$$

где  $T_a$  - температура конца всасывания,

$$\Sigma - \text{степень сжатия } \Sigma = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c}$$

$\pi_1$  - показатель политропы сжатия,

$V_a$  - объем в начале сжатия,

$V_h$  - рабочий объем цилиндра,

$V_c$  - объем камеры сжатия.

Давление конца сжатия определится по формуле

$$P_c = P_a \left(\frac{V_a}{V_c}\right)^{\pi_1} = P_a \Sigma^{\pi_1}$$

Степень сжатия желательно иметь возможно большей, т.к. с увеличением последней увеличивается термическое использование двигателя, а следовательно уменьшается расход топлива на 1 л.с.ч. Однако степень сжатия зависит от рода применяемого топлива и ограничивается величинами, при которых получают преждевременные вспышки сжимаемой смеси.

Температуры самовоспламенения<sup>\*)</sup> некоторых жидких и газообразных топлив приводятся в таблице 5.

Таблица 5.

Топливо	Температура самовоспламенения °С
Нефть	350
Керосин	380
Бензин	415
Спирт	510
Бензол	520
Водород	580-590
Метан	556-700
Оксид углерода	637-658

Из приведенной таблицы видно, что наиболее низкую температуру самовоспламенения, из топлив, применяемых в автотракторных двигателях, имеет керосин, а поэтому для него стенки сжатия допускаются самые низкие в пределах  $\Sigma = 3-4$ . Для бензина степени сжатия применяются в пределах  $\Sigma = 4-5$ .

Температура самовоспламенения генераторного газа до настоящего времени не определялась, но на основании таблицы можно заключить, что она будет не ниже 500°С.

\*) Температурой самовоспламенения называется та температура, при которой смесь топлива с воздухом воспламеняется без постороннего источника зажигания.

Это обстоятельство дает возможность применять в газогенераторных двигателях степени сжатия доходящие до  $\Sigma=10$ .

Необходимо отметить, что температура самовоспламенения есть величина весьма неопределенная, т.к. различные методы испытаний дают весьма разнообразные результаты и при том значительно отличающиеся один от другого. Например, проф. Гельд при определении температуры самовоспламенения бензина (при медленном нагревании) получил 240-250°C, тогда как при быстром сжатии в цилиндре двигателя температура самовоспламенения бензина получается порядка 420-450°C. Все проводимые опыты осложняются тем, что на температуру самовоспламенения топлива с воздухом оказывает влияние инертных газов, процесс теплообмена смеси со стенками, спокойное или завихренное состояние смеси, быстрота нагрева смеси и др. Опытами Фалька установлено, что при сжатии в цилиндре двигателя водородно-кислородной смеси, наличие инертных газов в смеси очень сильно повышает температуру самовоспламенения.

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать заключение, что степень сжатия можно выбирать большую при хорошем теплоотводе от сжимаемой смеси, при достаточном перемешивании (завихренности) смеси и при наличии в смеси инертных газов.

Следовательно, термическое использование двигателя будет повышаться при постановке поршней и головок двигателя из более теплопроводного материала (алюминий и др), при хорошо сконструированной камере сжатия и при наличии в смеси определенного количества инертных газов.

Следствием высоких степеней сжатия может подняться не только самовоспламенение сжатой смеси, но и так называемая детонация, представляющая из себя сложное физико-химическое явление, которое будет рассмотрено ниже.

Для газовых двигателей ограничением применения высоких степеней сжатия является не самовоспламенение топлива и детонация, а пуск двигателя в ход, т.к. последний производится как правило на жидком горючем, для которого могут применяться вполне определенные степени сжатия, из опасения вышеуказанных причин.

в) Воспламенение и сгорание смеси.

Когда поршень еще не закончил сжимающего хода, т.е. не пришел в верхнюю мертвую точку, рабочая смесь должна быть воспламенена при помощи электрической искры. Зажигание смеси преждевременно (против теоретического цикла) производится для того, чтобы к моменту прихода поршня в верхнее мертвое

\*) Инертными газами называются газы, которые не принимают участия в реакции сгорания рабочей смеси.

положение вся смесь была воспламенена полностью. Сгорание смеси заканчивается всегда значительно позже момента воспламенения, т.к. но сгорание последней требуется вполне определенный промежуток времени, а поэтому конец сгорания смеси обыкновенно заканчивается в начале линии расширения. См. фиг.

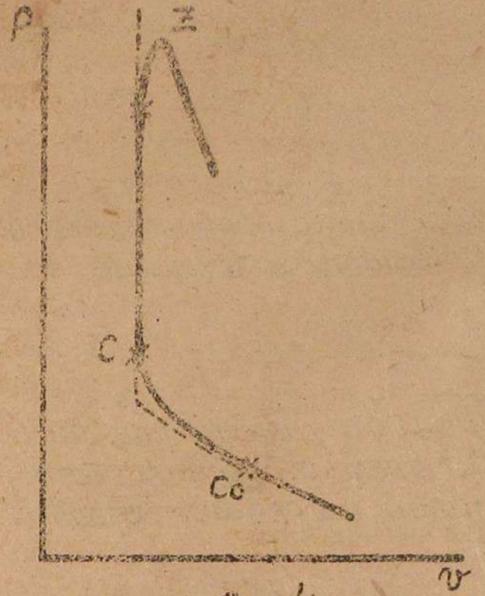


Рис. 4.

При реакции сгорания очень важным местом занимает скорость сгорания, которая для современных автомобильных двигателей, работающих на жидком топливе, не должна быть меньше 20-30 м/сек, т.к. время, требуемое для сгорания смеси, колеблется в сотых долях секунды. В случае меньших скоростей сгорания рабочей смеси, последняя вынуждена будет догорать на линии расширения, а следовательно внутренняя энергия сгоревшей смеси использоваться быть не может.

Скорость сгорания зависит от целого ряда факторов, а именно:

- 1) от начальной температуры смеси, с увеличением которой скорость сгорания увеличивается;
- 2) от завихрения смеси во время сгорания - при увеличенном завихрении скорость сгорания увеличивается;
- 3) от давления смеси к началу сгорания - с повышением давления скорость сгорания уменьшается;
- 4) от простоты устройства молекул топлива - чем меньше превращений должны претерпеть молекулы при сгорании, тем больше будет скорость сгорания;
- 5) от присутствия в смеси инертных газов, с увеличением которых скорость сгорания уменьшается.

Так как рабочая смесь, получаемая из газа и воздуха, содержит значительно большее количество инертных газов, чем рабочая смесь из жидкого горючего воздуха, то скорость сгорания газовой рабочей смеси будет меньше чем у смеси из жидкого топлива и воздуха. Для того, чтобы газовая рабочая смесь (благодаря малым скоростям сгорания) не догорала на линии расширения, необходимо при работе на газе иметь большой угол опережения зажигания, чем для двигателей, работающих на жидком топливе.

Коэффициент молекулярного изменения.

Выше было отмечено, что при сгорании рабочей смеси может быть увеличение или уменьшение объема продуктов сгорания, по сравнению с объемом свежей смеси.

Назовем химическим коэффициентом молекулярного изменения - отношение количества продуктов сгорания (в молях) к количеству свежего заряда до сгорания. Для газового топлива этот коэффициент будет

$$M_0 = 1 + \frac{M}{L} = \frac{M}{1+L} = 1 - \frac{\Delta M}{1+L}$$

Здесь M - объем продуктов сгорания

$$M = (1+L - \Delta M)$$

$\Delta M$  - сокращение объема продуктов сгорания, по сравнению с объемом свежей рабочей смеси. На основании вышеизложенного эта величина будет равна

$$\Delta M = \left( \frac{CO}{2} + \frac{H_2}{2} \right)$$

Действительным коэффициентом молекулярного изменения рабочей смеси назовем отношение количества молей сгоревших газов, плюс остаточные газы, к количеству молей сгоревших газов плюс остаточные газы.

$$M = \frac{M_1 + M_2}{(1+L) + M_2}$$

где  $M_2$  - количество молей остаточных газов.

Разделив числителя и знаменателя этого выражения на  $(1+L)$  получим

$$M = \frac{\frac{M}{1+L} + \frac{M_2}{1+L}}{\frac{1+L}{1+L} + \frac{M_2}{1+L}}$$

Здесь  $\frac{M}{1+L}$  - химический коэффициент молекулярного изменения

$\frac{M}{1+L} = \gamma$  - коэффициент остаточных газов (отношение количества остаточных газов к свежему заряду).

После постановки получим

$$M = \frac{M_0 + \gamma}{1 + \gamma}$$

В то время, как коэффициент молекулярного изменения для жидких топлив всегда больше единицы, т.к.  $\Delta M$  - величина положительная; для газообразных же топлив этот коэффициент всегда меньше единицы, т.к.  $\Delta M$  - величина отрицательная.

Последнее обстоятельство объясняется физико-химическими свойствами газообразного топлива.

### Температура и давление конца сгорания.

Температура конца сгорания может быть определена из уравнения сгорания, которое учитывает не только тепло, полученное при сгорании топлива, но и следующие факторы, влияющие на температуру сгорания: потерю тепла от неполноты сгорания

и теплоотдачу в стенки камеры сгорания, тепло, полученное от этой рабочей смеси и тепло, получаемое от остаточных газов.

Уравнение сгорания возьмем в окончательном виде, т.к. объем данного пособия не разрешает дать полный его вывод

$$\frac{\gamma H_u}{1+L} + \sum C_v' t_c + \gamma \sum C_v'' t_c = M(1+\gamma) C_v'' t_z$$

Здесь  $\gamma$  - коэффициент выделения тепла.

В виду того, что при сгорании только часть введенного тепла может быть использована на работу, т.к. часть этого тепла во время сгорания пойдет в охлажденную воду, часть тепла не сможет выделиться благодаря неполноте сгорания и частично топливо будет догорать в процессе расширения, то доля от введенного тепла, перешедшая в полезную работу во время сгорания, и будет характеризовать собой коэффициент выделения тепла. Величина  $\gamma$  зависит от конструкции камеры сгорания (степени сжатия), от однородности рабочей смеси и от числа оборотов двигателя. Увеличение степени сжатия уменьшает теплоотдачу в охлаждающую воду и увеличивает скорость сгорания; однородная смесь способствует полному сгоранию введенной в двигатель рабочей смеси; с увеличением числа оборотов уменьшается теплоотдача в охлаждающую воду, но увеличивается количество смеси догорающей в процессе расширения газов. Величина  $\gamma$  для газовых двигателей колеблется от 0,8 до 0,88.

$H_u$  - теплотворная способность 1 моля рабочей смеси.

$L$  - объем рабочей смеси.

$C_v$  - средняя молекулярная теплоемкость при рабочей смеси (принимается как теплоемкость двухатомных газов).

Средние молекулярные теплоемкости по Лангену будут для двухатомных газов

для $CO_2$	$C_v = 4,625 + 0,00053$
" $H_2O$	$C_v = 6,774 + 0,00189$
	$C_v = 4,72 + 0,00215$

$t_c$  - температура конца сжатия °C.

$\gamma$  - коэффициент остаточных газов.

$C_v$  - средняя молекулярная теплоемкость продуктов сгорания. Эта теплоемкость определяется как сумма теплоемкостей отдельных газов продуктов сгорания по вышеприведенным данным.

$M$  - действительный коэффициент молекулярного изменения.

$t_z$  - температура конца сгорания.

Все величины, которые входят в уравнение сгорания, известны из предыдущего расчета, за исключением температуры конца сгорания  $t_z$ , решая полученное квадратное уравнение получим искомую величину.

Определив коэффициент молекулярного изменения  $M$  и температуру конца сгорания, можно будет определить давление

\*) вывод этого уравнения см. Мазинг - тепловой расчет.

конца сгорания рабочей смеси при постоянном объеме по следующей формуле

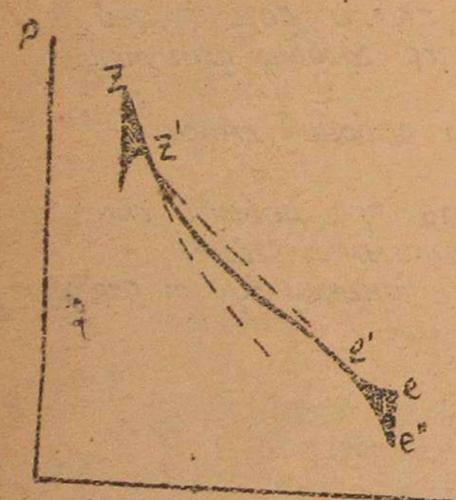
$$P_2 = M \cdot P_c \cdot \frac{T_2}{T_c}$$

Вопрос о влиянии угла опережения зажигания на работу газового двигателя будет разобран ниже.

г. Процесс расширения.

В то время как в идеальных циклах принимается, что расширение газов должно происходить адиабатически, в действительных циклах имеет место расширение продуктов сгорания с теплообменом между рабочим телом и стенками цилиндра, а поэтому кривая расширения представляет из себя политропу с переменным показателем.

При теплоотдаче в стенки цилиндра кривая расширения будет протекать ниже адиабаты, что отразится на увеличении показателя политропы. Благодаря имеющему месту дросселированию рабочей смеси на линии расширения, потерянное тепло в охлаждающую воду будет компенсироваться и тем самым приближая действительную линию расширения к адиабате и даже к изотерме фиг. 5.



фиг. 5.

При действительном цикле принимают показатель политропы за величину постоянную, которая колеблется в пределах  $P_n = 1,2 - 1,35$ . Необходимо указать, что последняя величина должна быть выбрана в соответствии с коэффициентом выделения тепла  $\lambda$  - чем больше коэффициент тепла, тем меньше показатель линии расширения (т.е. кривая приближается к изотерме) и наоборот.

Очевидно, что для газовых двигателей политропа расширения будет иметь показатель ниже 1,3, что характеризует собой газообразное топливо, имеющее небольшие скорости сгорания, а следовательно будет иметь место догорание рабочей смеси на линии расширения.

На величину показателя политропы расширения оказывают также влияние следующие факторы: форма камеры сжатия и особенно отношение величины омываемой горячими газами поверхности камеры сгорания к ее объему, давление конца сжатия, величина нагрузки и число оборотов двигателя.

Зависимость показателя политропы расширения от формы камеры сжатия и от отношения величины омываемой газами поверхности камеры сгорания к ее объему, особенно резко выделается

при подвесных клапанах, т.к. здесь получаются меньшие площади, омываемые горячими газами, а следовательно будут и меньшие потери тепла в охлаждающую воду (в двигателях с стоячими клапанами эта потеря больше).

В двигателях с подвесными клапанами использование тепла будет лучше, чем при стоячих клапанах, хотя весь процесс расширения в двигателе с подвесными клапанами происходит в области более высоких температур, благодаря чему увеличивается потеря тепла с выхлопными газами. При подвесных клапанах показатель политропы расширения будет меньше, чем при стоячих.

При увеличении давления конца сжатия показатель политропы расширения, по опытам Герберга, уменьшается. Это уменьшение может быть объяснено тем, что автор проводил испытания с одним и тем же 8 л.с. газовым двигателем, а следовательно при больших давлениях сжатия объем камеры уменьшался - количество тепла, отведенного в охлаждающую воду, также уменьшалось. Увеличение показателя политропы с уменьшением давления сжатия происходит, очевидно, за счет большой камеры сгорания и интенсивного отвода тепла; хотя при небольших давлениях сжатия казалось бы должно быть значительное догорание рабочей смеси по линии расширения, благодаря малым температурам конца сжатия, а следовательно и уменьшенным скоростям сгорания - последнее обстоятельство должно было бы вызвать уменьшение показателя политропы расширения.

При увеличении нагрузки показатель уменьшается и наоборот, т.к. с увеличением нагрузки увеличивается количество рабочей смеси, поступающей в цилиндр двигателя, а следовательно увеличивается и теплоотдача.

При увеличении числа оборотов двигателя показатель уменьшается вследствие того, что уменьшается время соприкосновения газов со стенками в процессе расширения, благодаря чего количество тепла, передаваемое охлаждающей воде, будет меньше.

На основании термодинамических формул, которые получают из соотношений политропического процесса, можно будет определить давление и температуру конца расширения

$$P_e = \left(\frac{V_2}{V_c}\right)^{P_n} P_2 = \frac{P_2}{\Sigma^{P_n}} ; T_e = \left(\frac{V_2}{V_e}\right)^{P_n-1} T_2 = \frac{T_2}{\Sigma^{P_n}}$$

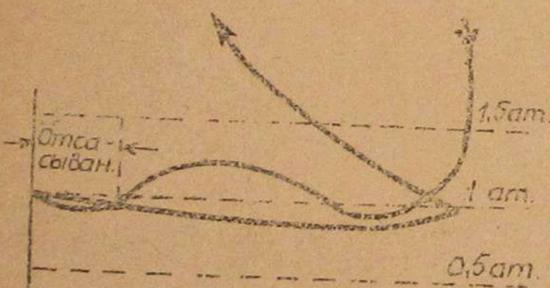
Процесс расширения обыкновенно не доводится до точки e (фиг. 5), т.к. выхлопной клапан открывается раньше, чем поршень придет в нижнее мертвое положение; это делается для того, чтобы лучше очистить цилиндр двигателя от отработанных газов.

Открытие выхлопного клапана (в этот момент заканчивается процесс политропического расширения) производится в точке  $e'$  и кривая дальше протекает по линии  $e'e''$ . Заштрихованная площадь представляет из себя работу, потерянную благодаря преждевременному открытию выхлопного клапана, но эта потеря с большим избытком возвращается в эффективную работу, благодаря уменьшенному противодавлению в процессе выхлопа и уменьшению веса оставшихся в камере сжатия отработанных газов, за счет лучшей очистки цилиндра двигателя.

Δ) Процесс выхлопа.

Выше уже отмечалось, что выхлопной клапан открывается раньше нижней мертвой точки, это предвращение выхлопа колеблется от 30 до 50°. В этот момент отработанные газы имеют давление 2,5-4,5 ата, под влиянием последнего и происходит истечение газов из цилиндра двигателя через выхлопной клапан с скоростями, достигающими до 500-700 м/сек.

Благодаря таким скоростям выхлопа, в момент конца выталкивания отработанных газов, внутри цилиндра может быть даже разрежение, создаваемое за счет инерции газов в выхлопном трубопроводе (фиг. 6), т.е. будет происходить отсасывание отработанных газов. Данное явление важно не только с точки зрения уменьшения сопротивления при выталкивании, но и для увеличения коэффициента подачи.



фиг. 6.

При выталкивании отработанных газов требуется затратить некоторую работу, которая расходуется на преодоление сопротивления в выхлопном клапане, трубопроводе и в глушителе.

С увеличением числа оборотов двигателя происходит увеличение скорости выталкивания, которое вызывает увеличенное противодавление, а следовательно и большую затрату мощности на преодоление выталкивания отработанных газов. Следует отметить, что с увеличением числа оборотов фазы распределения должны дальше отступать от мертвых точек.

Применение глушителей инжекционного типа (использование скорости потока воздуха) может до некоторой степени уменьшить сопротивление при выталкивании; в случае же применения глушителя, основанного на дроселировании, получим добавочное сопротивление, которое выражается в 50-100 мм рт.ст., это явление может снизить мощность двигателя до 5%.

В том случае, если имеется длинный и прямой выхлопной трубопровод, то закрытие выхлопного клапана можно будет производить после открытия всасывающего, эта часть возможна использовать инерцию движущегося потока отработанных газов для засасывания свежей смеси в цилиндр. Перекрытие клапанов увеличивает коэффициент подачи и улучшает очистку камеры сгорания от отработанных газов.

Перекрытие клапанов, кроме вышеуказанных преимуществ, имеют один недостаток, что часть свежей рабочей смеси может быть выброшена в выхлопной трубопровод не использованной; а также при перекрытии клапанов могут получиться пожары, вызванные малыми скоростями сгорания рабочей смеси (пуск двигателя в холод, бедная смесь и др.).

Мощность и экономичность двигателя.

Мощность четырехтактного двигателя может быть определена по общеизвестной формуле.

$$N_i = P_i \frac{\pi D^2}{4} H \frac{n \cdot i}{60 \cdot 75 \cdot 2} \text{ и. л. с.}$$

или

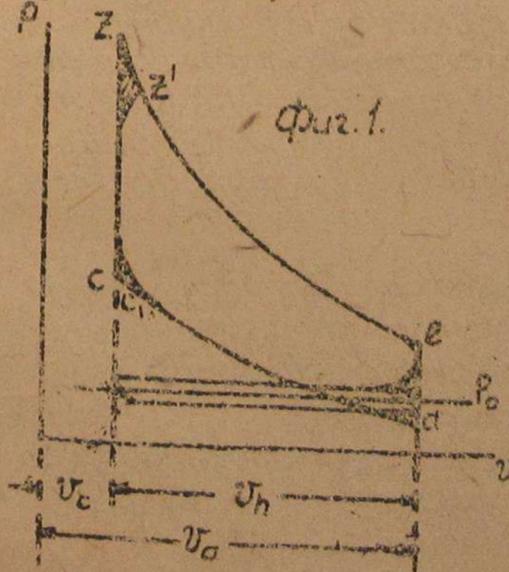
$$N_i = \frac{P_i V_h n \cdot i}{900} \text{ и. л. с.}$$

- где  $P_i$  - среднее индикаторное давление
- $D$  - диаметр цилиндра в сантиметрах
- $H$  - ход поршня в метрах
- $i$  - число цилиндров
- $V_h$  - рабочий объем цилиндра в метрах.

В этой формуле для существующего двигателя все величины, кроме  $P_i$  - известны.

а) Среднее индикаторное давление

Средним индикаторным давлением называется такое фиктивное давление, которое непрерывно действует на поршень во время хода расширения.



фиг. 1.

Это давление может быть найдено как частное от деления площади индикаторной диаграммы на рабочий объем.

Площадь индикаторной диаграммы представляет из себя работу газов за четыре такта (фиг. 7).

$$L_i = L_p - L_{ст.}$$

Из термодинамики известно, что работа расширения при политропическом процессе, с постоянным показателем политропы  $P_n$ , будет

$$L_p = \frac{1}{\pi_2 - 1} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

Из уравнения политропы известно, что

$$P_2 V_2^{\pi_2} = P_1 V_1^{\pi_2}$$

или 
$$P_1 = P_2 \left( \frac{V_2}{V_1} \right)^{\pi_2} = \frac{P_2}{\Sigma^{\pi_2}}$$
; т.к.  $V_2 = V_c$ ;  $V_1 = V_a = V_h + V_c$ ;

после подстановки получим

$$L_p = \frac{P_2 V_c}{\pi_2 - 1} \left[ 1 - \frac{\left( \frac{V_h + V_c}{V_c} \right)^{\pi_2}}{\Sigma^{\pi_2}} \right]$$

$$L_p = \frac{P_2 V_c}{\pi_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\Sigma^{\pi_2}} \right)$$

$L_p$  - на диаграмме выражается площадью  $z e a' z'$ .

Работа сжатия по аналогии, при постоянном показателе политропы  $\pi_2$ , будет

$$L_{сж} = \frac{P_c V_c}{\pi_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\Sigma^{\pi_1 - 1}} \right)$$

Полезная работа цикла определится как разность

$$L_e = L_p - L_{сж} = \frac{P_2 V_c}{\pi_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\Sigma^{\pi_2 - 1}} \right) - \frac{P_c V_c}{\pi_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\Sigma^{\pi_1 - 1}} \right)$$

Среднее индикаторное давление получим

$$P_i' = \frac{L_e}{V_h} = \frac{P_c V_c}{V_h} \left[ \frac{P_2}{P_c} \frac{1}{\pi_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\Sigma^{\pi_2 - 1}} \right) - \frac{1}{\pi_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\Sigma^{\pi_1 - 1}} \right) \right]$$

т.к.  $\frac{V_c}{V_h} = \frac{1}{\Sigma - 1}$  и  $\frac{P_2}{P_c} = \lambda$  - степень увеличения давления,

$$\text{то } P_i' = \frac{P_c}{\Sigma - 1} \left[ \frac{\lambda}{\pi_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\Sigma^{\pi_2 - 1}} \right) - \frac{1}{\pi_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\Sigma^{\pi_1 - 1}} \right) \right]$$

Данное выражение, для среднего индикаторного давления, получено без учета потерь в площади диаграммы за счет опережения зажигания, за счет продолжения горения в начале линии расширения и благодаря предварения выхлопа. Вышеуказанные потери учитываются поправочным коэффициентом площади диаграммы  $\psi$ , который равен  $\psi = 0,94 - 0,95$ .

В двигателях 4-тактных, кроме введения поправки нужно также из полученного среднего индикаторного давления вычесть вентиляционные потери, которые представляют из себя

Отклонение теоретической диаграммы от действительной может быть также и благодаря того, что показатели политроп не являются величинами постоянными.

бы потери на всасывание и выталкивание

$$\Delta p = P_2 - P_a$$

Следовательно, исправленное среднее индикаторное будет

$$P_i = \psi P_i' - \Delta p$$
 теоретического цикла

где  $P_i'$  - среднее индикаторное давление

В виду того, что среднее индикаторное давление является основным фактором, влияющим на мощность двигателя, то для действительного цикла желательно его величину проверить по формуле, которая может быть получена на основании следующего вывода.

Теплотворная способность 1 м<sup>3</sup> рабочей смеси (которая была определена выше), будет

$$H_d = \frac{H_u}{1 + \lambda}$$

где  $H_u$  - теплотворная способность 1 м<sup>3</sup> газа

$\lambda$  - действительно необходимое количество воздуха на 1 м<sup>3</sup> газа и равное  $\lambda = \alpha \lambda_0$

Во время одного хода всасывания двигатель может засосать рабочей смеси  $\eta_v V_h$ ; тогда количество тепла, которое может быть использовано за один рабочий ход, определится по следующему выражению.

$$\frac{H_u}{1 + \alpha \lambda_0} \eta_v V_h$$

Так как все тепло, выделенное этой рабочей смесью в цилиндре использовано полностью быть не может, то вводя в это выражение индикаторный коэффициент полезного действия получим ту часть тепла, которая может быть превращена в цилиндре двигателя в индикаторную работу.

$$\frac{1}{1 + \alpha \lambda_0} \eta_v V_h \eta_i$$

Если ввести механический эквивалент тепла, то индикаторная работа, выраженная в кгм будет

$$427 \frac{H_u}{1 + \alpha \lambda_0} \eta_v V_h \eta_i$$

Эту индикаторную работу, за один рабочий ход, с другой стороны можно выразить как произведение из среднего индикаторного давления на рабочий объем, т.е.  $P_i V_h$ .

Для того, чтобы выразить работу в кгм, необходимо размерность  $P_i$  дать в кг/м<sup>2</sup>, т.к. последняя величина обычно выражается в кг/см<sup>2</sup>, а для этого нужно  $P_i$  умножить на 10000.

$$10000 P_i V_h$$

В виду того, что два последних выражения представляют из себя одинаковую работу, то приравняв их, получим

$$427 \frac{H_u}{1+\alpha L_0} \eta_v \eta_i = 10000 P_i V_L$$

Отсюда можно будет определить величину среднего индикаторного давления, выраженного в кг/см<sup>2</sup>

$$P_i = \frac{427}{10000} \frac{H_u}{1+\alpha L_0} \eta_v \eta_i$$

с учетом давлений и температур  $P_i$  будет

$$P_i = \frac{427}{10^4} \frac{273}{1,033} \frac{P_0}{T_0} \frac{H_u}{1+\alpha L_0} \eta_v \eta_i$$

На основании приведенного выражения видно, что среднее индикаторное давление будет увеличиваться с увеличением теплотворной способности рабочей смеси коэффициента подачи индикаторного коэффициента действия и при уменьшении коэффициента избытка воздуха.

Вполне очевидно, что при одинаковых условиях работы двигателя, среднее индикаторное давление для газовых двигателей всегда будет меньше, чем для двигателей, работающих на жидком топливе.

#### б) Расход газа и топлива.

Если известна величина среднего индикаторного давления, то можно аналитически определить расход топлива на индикаторную силу-час и индикаторный коэффициент полезного действия.

Индикаторная мощность, получаемая при сжигании 1 моля газа в течение 1 часа, будет

$$N_i = \frac{10000 P_i V_L}{75.3600} = \frac{P_i V_L}{27} \frac{\text{л.с.}}{1 \text{ моль газа}}$$

где  $V_L$  - объем рабочей смеси в цилиндре двигателя, который получен из 1 моля газа и соответствующего количества воздуха при действительных условиях.

Этот объем при 0°C и 760 мм рт. ст. будет

$$V' = 22,4 (1+L_0) \frac{\text{м}^3}{1 \text{ моль газа}}$$

Объем рабочей смеси в цилиндре двигателя при  $T_0$  (температура смеси  $T_0 = T_{см.}$ ) и  $P_0$  (давление после смесителя), с введением коэффициента подачи, будет

$$V_L = 22,4 \frac{1,033}{P_0} \frac{T_0}{273} \frac{(1+L_0)}{\eta_v} \frac{\text{м}^3}{1 \text{ моль газа}}$$

$$\text{или } V_L = 0,0848 \frac{T_0 (1+L_0)}{P_0 \eta_v} \frac{\text{м}^3}{1 \text{ моль газа}}$$

Подставляя полученное значение для  $V_L$  в уравнение  $N_i$ , будем иметь

$$N_i = \frac{0,0848}{27} \frac{P_i T_0 (1+L_0)}{P_0 \eta_v} \frac{\text{л.с.}}{1 \text{ моль газа}}$$

Расход топлива на 1 индикаторную силу-час может быть определен по формуле

$$C_i = \frac{1}{N_i}$$

Подставляя значение для  $N_i$  получим

$$C_i = \frac{27 \cdot 22,4}{0,0848} \frac{P_0}{T_0} \frac{\eta_v}{P_i (1+L_0)} \frac{\text{м}^3 \text{ газа}}{1 \text{ и.с.ч.}}$$

$$\text{или } C_i = 7132 \frac{P_0}{T_0} \frac{\eta_v}{P_i (1+L_0)} \frac{\text{м}^3 \text{ газа}}{1 \text{ и.с.ч.}}$$

давление после смесителя  $P_0$  можно без большой погрешности принять равным  $P_0 = 1 \text{ атм.}$

Индикаторный коэффициент полезного действия можно определить по формуле

$$\eta_i = \frac{632}{C_i H_u}$$

где 632 - эквивалент 1 сило-часа  $\frac{75.3600}{427} = 632 \text{ кал.}$

$H_u$  - теплотворная способность 1 м<sup>3</sup> газа.

Подставляя в последнюю формулу значение  $C_i$ , получим

$$\eta_i = \frac{632}{7132} \frac{T_0}{P_0} \frac{P_i (1+L_0)}{\eta_v H_u} = 0,0885 \frac{T_0 P_i (1+L_0)}{P_0 \eta_v H_u}$$

Определив индикаторный коэффициент полезного действия  $\eta_i$ , мы можем определить расход тепла, выраженный в ккал/атм, на 1 индикаторную силу-час, по формуле

$$Q_i = \frac{632}{\eta_i}$$

Также можно будет определить и расход топлива (газа), выраженного в кубических метрах, на 1 индикаторную силу-час по более простой формуле, чем предыдущая

$$C_i = \frac{Q_i}{H_u}$$

Зная расход газа на 1 и.с.ч. нетрудно будет определить и расход твердого топлива (если известен выход газа с каждого кг. топлива) по формуле

$$g_i = \frac{C_i}{V_L}$$

где  $g_i$  - расход топлива на 1 и.с.ч. в кг.

$C_i$  - расход газа на 1 и.с.ч. в м<sup>3</sup>

$V_2$  - количество получаемого газа с 1 кг топлива.

в) Механический коэффициент полезного действия.

Индикаторная мощность, получаемая в цилиндре двигателя, используется полностью в механическую работу быть не может, т.к. часть этой мощности должна быть израсходована на трение и на приведение в действие вспомогательных механизмов, как-то: насосов, распределительного вала, магнето и т.д.

Следовательно, механический коэффициент полезного действия будет

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$$

где  $N_e$  - эффективная мощность двигателя

$N_i$  - индикаторная "

эффективная мощность будет

$$N_e = N_i - N_z$$

где  $N_z$  - теряемая мощность на трение и др.,

тогда можем написать

$$\eta_m = \frac{N_i - N_z}{N_i}$$

Если вместо  $N_i$ ,  $N_e$  и  $N_z$  ввести соответствующие средние давления  $P_i$ ,  $P_e$  и  $P_z$ , то можно будет написать

$$\eta_m = \frac{P_i - P_z}{P_i} = \frac{P_e}{P_i}$$

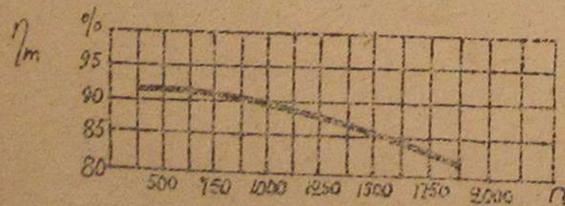
На основании вышесказанного можно написать значение для экономического коэффициента полезного действия

$$\eta_c = \eta_v \eta_m$$

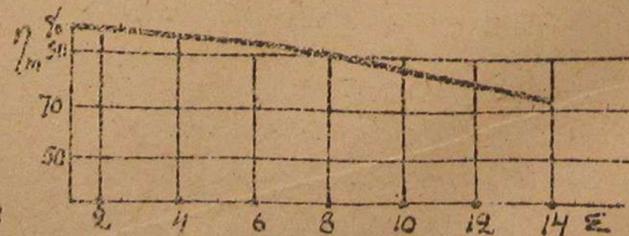
Последняя величина имеет наиболее существенное значение в практическом отношении и представляет из себя то количество тепла (выраженное в %), которое может быть использовано в данном двигателе на полезную работу.

Механический коэффициент полезного действия зависит от следующих факторов: от числа оборотов двигателя, от степени сжатия, от веса движущихся масс, от нагрузки, от температуры охлаждающей воды и др.

На фиг. 8 и 9 даны кривые изменения  $\eta_m$  в зависимости от числа оборотов и от степени сжатия.



фиг. 8



фиг. 9

По опытам Рикардо, в пределах температур охлаждающей воды от 20° до 70°С, механический коэффициент полезного действия увеличивается с увеличением температуры охлаждающей воды. С увеличением веса поршня и шатуна механический коэффициент полезного действия уменьшается. С уменьшением нагрузки механический коэффициент полезного действия уменьшается, т.к. работа затрачиваемая на трение, при уменьшении нагрузки остается постоянной.

Величина  $\eta_m$  для газовых двигателей колеблется в очень широких пределах  $\eta_m = 0,72 - 0,9$ ; в среднем для данного двигателя можно принять  $\eta_m = 0,8$ , хотя для средней степени сжатия  $\epsilon = 8$  можно ожидать еще более резкого падения последнего.

В двигателях, переделанных с жидкого топлива на газообразное, падение  $\eta_m$  происходит, главным образом, вследствие понижения мощности, а, следовательно, уменьшения нагрузки двигателя.

Проблема увеличения мощности двигателя при переходе с жидкого топлива на газ.

Как уже выше было отмечено, что при переходе двигателей с жидкого топлива на газообразное происходит потеря мощности.

В этой главе мы разберем методы повышения мощности газового двигателя и укажем те пути, которые дают наибольший эффект в работе.

Параметры, характеризующие мощность двигателя

Индикаторная мощность двигателя может быть определена по формуле

$$N_i = \frac{P_i V_h n i}{500}$$

где  $V_h$  - рабочий объем в литрах.

Эта же индикаторная мощность может быть определена еще следующим способом:

Часовой расход смеси для двигателя может быть определен по формуле  $V_2 = C_i N_i (1 + \alpha L_o)$

$C_i$  - расход топлива (газа) на 1 и.с.ч в м<sup>3</sup>.

$N_i$  - индикаторная мощность двигателя

$L_o$  - теоретически необходимое количество воздуха в м<sup>3</sup> для сгорания 1 м<sup>3</sup> газа.

$\alpha$  - коэффициент избытка воздуха.

где  $C_i N_i$  - часовой расход топлива

$\alpha L_o$  - действительное количество воздуха в м<sup>3</sup>, необходимое для сгорания 1 м<sup>3</sup> газа.

С другой стороны, это же количество часового расхода смеси может быть определено по другой формуле

$$V_2 = V_h i \eta_v \frac{n}{2} 60 \frac{1,033}{273} \frac{T_0}{P_0}$$

где  $V_h$  - рабочий объем 1 цилиндра двигателя в м<sup>3</sup>.

- $i$  - число цилиндров
- $\eta_v$  - коэффициент подачи
- $n$  - число оборотов в минуту
- $P_0$  - давление смеси
- $T_0$  - температура смеси газа с воздухом.

Приравняв два последних уравнения между собой, получим выражение для индикаторной мощности.

$$N_i = \frac{273}{1.033} \frac{P_0}{T_0} \frac{Vh \eta_v i n \cdot 30}{\alpha L_0}$$

т.е.  $C_i = \frac{632}{\eta_i H_u}$ , то подставляя, получим

$$N_i = \frac{273 \cdot 30}{1.033 \cdot 632} \frac{P_0}{T_0} \frac{Vh \eta_v i n H_u \eta_i}{(1 + \alpha L_0)}$$

Термическим коэффициентом полезного действия называется отношение тепла, обращенного в работу, к затраченному теплу в идеальной машине, т.е. в машине, работающей без потерь, и обозначим его через  $\eta_t$ . Относительным коэффициентом полезного действия называется отношение индикаторного коэффициента полезного действия к термическому, т.е. этот коэффициент будет учитывать потери работы газов в действительной машине по отношению к идеальной; обозначим его через  $\eta_g$

$$\eta_g = \frac{\eta_i}{\eta_t}$$

Заменяя в уравнении индикаторной мощности  $\eta_i$  через  $\eta_g \eta_t$ , после сокращения получим

$$N_i = 12,54 \frac{P_0}{T_0} \frac{H_u}{(1 + \alpha L_0)} Vh n i \eta_v \eta_g \eta_t$$

На основании приведенных формул видно, что индикаторная мощность двигателя зависит от целого ряда параметров, которые ниже мы разберем каждый в отдельности.

а) Давление и температура смеси.

Выше уже отмечалось, что на величину давления смеси перед двигателем оказывает влияние сопротивление газогенераторной установки, которая состоит из самого газогенератора, очистителей, холодильника, смесителя и трубопроводов. Очевидно при проектировании нужно обращать серьезное внимание не только на сопротивление газогенераторной установки, но и на сопротивление смесителя, т.е. выбрать конструкцию смесителя с наименьшими сопротивлениями.

Температура смеси также оказывает влияние на индикаторную мощность - чем выше температура, тем меньше мощность. Отсюда вытекает законное требование ко всем газогенера-

торным установкам - иметь наиболее низкие температуры газа перед смесителем, т.к. проектировав охлаждение газа недостаточным, не будут использованы все те преимущества более охлажденного газа перед менее охлажденным. В настоящее время конструкторская мысль усиленно работает над охлаждением газа, предлагая специальные холодильники, которые очень часто располагают перед радиатором, а также и в других местах машины. Охлаждение газа отзывается благоприятно на увеличении мощности не только благодаря увеличению коэффициента подачи, но также и благодаря конденсации влаги, находящейся в газе.

При наличии небольшой разности температур между газом и воздухом, дальнейшее охлаждение газа требует иметь очень большие поверхности охлаждения. Поэтому в настоящее время считают, что охладить газ до разности вышеуказанных температур ниже 20-25°. С нецелесообразно, т.к. в противном случае может сильно возрасти вес всей установки.

б) Теплотворная способность рабочей смеси.

Теплотворная способность рабочей смеси зависит от калорийности газа и коэффициента избытка воздуха. Влияние последней величины было разобрано выше, а поэтому сейчас остановимся на изучении теплотворной способности рабочей смеси в зависимости от величины калорийности и от насыщения смеси парами жидких топлив.

Калорийность газа может быть повышена следующими способами: улучшением процесса газификации (см. выше): 1) подведением отработанных газов двигателя под решетку газогенератора; 2) введением в зону восстановления газогенератора нефти и других жидких продуктов (керосин, картерное отработанное масло, нефтяные остатки и др.) и 3) карбюрированием газа жидким горючим.

1) Опыты с подведением отработанных газов двигателя под решетку газогенератора, с целью повышения калорийности газа, производились В.П. Карповым в лаборатории тепловых двигателей В.Т.А. и дали благоприятные результаты; теплотворная способность 1 м<sup>3</sup> газа, получаемая из генератора с поддувкой, получалась примерно выше на 100 кал., чем без поддувки. Однако это мероприятие весьма слабо сказывалось на увеличении среднего индикаторного давления, а поэтому для выявления рентабельности поддувки необходимо сделать еще целый ряд экспериментов над газогенератором и двигателем, и только тогда принять то или иное решение в данном вопросе.

2) Опыты с введением в восстановительную зону газогенератора нефти и других жидких продуктов, (получается в результате так называемый динагаз) производились в лаборато-

рич Автоклуба Франции с газогенератором Эрню и В.П. Карповым в лаборатории тепловых двигателей В.Т.Я., в специально сконструированном газогенераторе. Как первые, так и вторые опыты показали, что при незначительном увеличении степени сжатия можно получить ту же мощность двигателя, какую имеет двигатель при работе на жидком топливе. Конечно данных опытов недостаточно для выявления экономического эффекта, а поэтому данное мероприятие требует также продолжительной экспериментальной проверки.

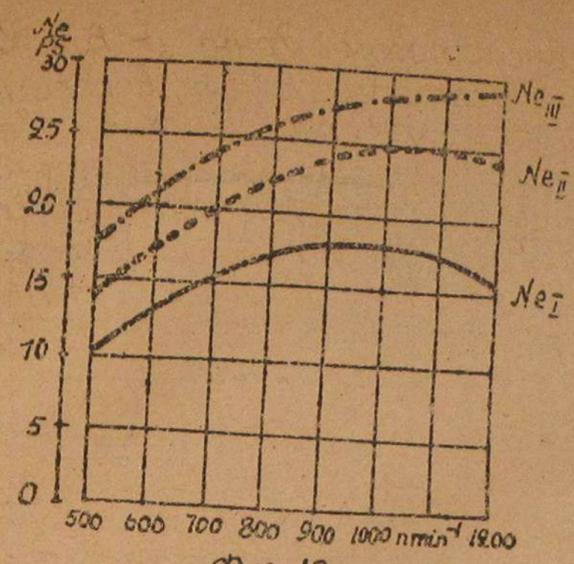
3) Эффективное повышение теплотворной способности рабочей смеси происходит при карбюрировании ее жидким горючим. Наиболее пригодным жидким топливом для карбюрации смеси является спирт, т.к. последний содержит в себе химически связанный кислород, который способствует горению. Спирт имеет еще и то преимущество, что он обладает достаточными антидетонационными свойствами, которые дают возможность применять его при высоких степенях сжатия.

Основное преимущество применения спирта для карбюрации рабочей смеси перед другими жидкими горючими состоит в том, что последний обладает очень высокой теплотой испарения, благодаря чему происходит сильное охлаждение рабочей смеси и коэффициент подачи при этом значительно увеличивается. Кроме того, при сгорании газовой рабочей смеси, карбюрированной спиртом, происходит увеличение коэффициента молекулярного изменения, т.е. при карбюрировании будем иметь меньшее сокращение объема продуктов сгорания, чем без карбюрирования.

Проводимые опыты с карбюрированием газовой рабочей смеси спиртом Институтом силовых двигателей в Дрездене (см. АТЗ за 1933 год №21) показали возможность при небольшом изменении степени сжатия не только получить полную мощность двигателя (какую он имел на бензине), но и повысить ее на несколько % от бензиновой.

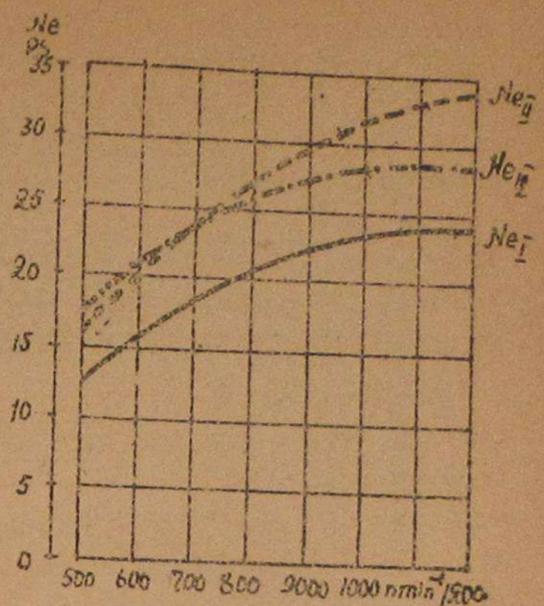
При проведении опытов, карбюрирование рабочей смеси производилось при помощи сопла, установленного за смесителем. Увеличение мощности двигателя происходило в зависимости от количества введенного спирта. На фиг. 10, 11 и 12 даны кривые мощности, полученные во время опыта при различных степенях сжатия ( $\epsilon = 4,02$ ;  $\epsilon = 5,75$  и  $\epsilon = 8,29$ ) для нормального газа и газа карбюрированного спиртом, по сравнению с нормальной мощностью на бензине ( $\epsilon = 4,02$ ).

(диаграммы см. н/ обороте).



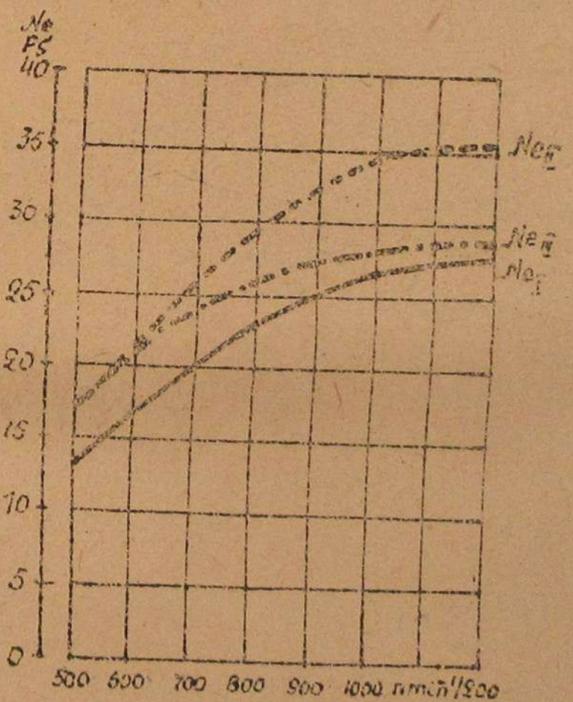
Фиг. 10.

NeI - мощн. на газе  
 NeII - мощн. на газе с спиртом  
 NeIII - " " бензине  
 при  $\epsilon = 4,02$



Фиг. 11.

NeI - мощн. на газе  
 NeII - мощн. на газе с спиртом  
 NeIII - " " на бензине  $\epsilon = 4,02$ .  
 }  $\epsilon = 5,75$



Фиг. 12.

NeI - мощн. на газе  
 NeII - мощн. на газе с спиртом  
 NeIII - мощн. на бензине  $\epsilon = 4,02$   
 }  $\epsilon = 8,29$

Из приведенных диаграмм видно, что при работе на смешанном газе (при теплотворной способности газа от 1400 до 1400 кал/м<sup>3</sup>) при числе оборотов двигателя  $n = 1000$  об/мин. имели место, в зависимости от степени сжатия, следующие потери мощности:

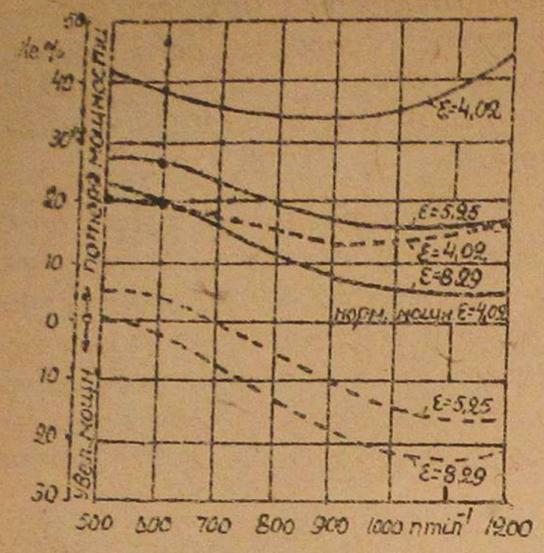
При  $\epsilon = 4,02$  потеря мощности в % - 35,1  
 "  $\epsilon = 5,75$  " " " " - 15,8  
 "  $\epsilon = 8,29$  " " " " - 5,6

При карбюрировании газа спиртом получают следующее:

При  $\epsilon = 4,02$  потеря мощн. в % - 12,8  
 "  $\epsilon = 5,75$  повышение " " " " - 13,8  
 "  $\epsilon = 8,29$  " " " " - 22,0

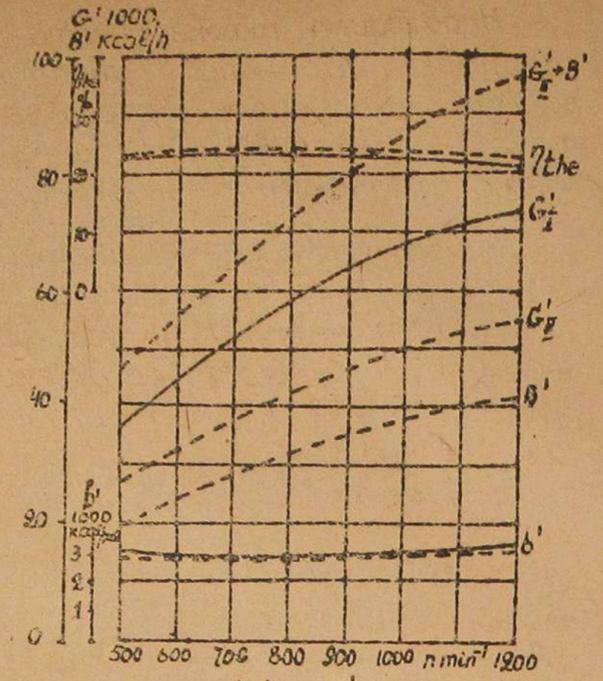
Фиг. 13 дает общую картину, полученную при опытах, о потере или увеличении мощности двигателя в %, по сравнению с нормальной мощностью двигателя при работе на бензине ( $\epsilon = 4,02$ ).

Расход тепла при испытании, выраженный в кал/час, при карбюрировании газа спиртом выразился (при  $n = 1200$  об/мин. и  $\epsilon = 5,75$ ) в 95250 кал, это общее тепло распределялось таким образом: 54250 кал/час смешанного газа и 41000 кал/час спирта.



фиг. 13

— одн газ  
 - - - газ с спиртом



фиг. 14.

Расход газа и спирта при  $\epsilon = 5,75$ .  
 G - расход газа; B - расход спирта  
 B - удельн. расход.

При данном расходе тепла получается повышение мощности двигателя, по сравнению с бензиновой ( $\epsilon = 4,02$ ), на 13,8%, очевидно расход спирта будет снижен, если достигнуть только бензиновой мощности. На фиг. 14 даны кривые расхода газа и спирта в кал/час, а также и удельные расходы этих горючих.

Вполне понятно, что карбюрирование газа спиртом повысит стоимость эксплуатации данного двигателя. Этот дополнительный расход может быть сведен до минимума, если производить дообавление спирта только в тех случаях, когда требуется повысить мощность двигателя, а в остальное время работать только на одном газе.

Вопрос карбюрирования газа спиртом должен быть основательно проработан нашими научно-исследовательскими институтами, т.к. этот метод повышения мощности двигателя, не меняя его конструкцию, может дать значительный эффект в работе транспортных газогенераторных установок.

В) Рабочий объем цилиндра /литраж/

Увеличение литража двигателя (за счет рассверловки цилиндров) повлечет за собой и увеличение мощности. Этот метод однако не может считаться способом повышения мощности существующих двигателей при переводе с жидкого горючего на газ, т.к. при увеличении литража двигателя мощность последнего на бензине также возрастет. Кроме того рассверловка цилиндров у существующих автотракторных двигателей может быть произведена на весьма незначительную величину, а в некоторых конструкциях двигателей совершенно недопустима.

Необходимо также учесть и то обстоятельство, что при рассверловке цилиндров (увеличение литража) скорость поступления рабочей смеси через всасывающий трубопровод и клапана, должна также возрасти, благодаря чего ухудшится наполнение двигателя - уменьшится коэффициент подачи.

Совершенно иначе обстоит дело с увеличением литража вновь проектируемых двигателей, т.к. в этом случае можно будет учесть дополнительные нагрузки на отдельные детали и трущиеся поверхности, вследствие увеличения общего давления на поршень. Большинство заграничных заводов, проектирующих автотракторные газогенераторные установки снабжают последнего двигателем повышенного литража <sup>на 40-50% против литража</sup> работающего на жидком топливе.

На основании вышесказанного можно заключить, что повысить мощность путем увеличения литража существующего двигателя, если и представляется возможным, то на весьма незначительную величину; но благодаря данному изменению двигателя, с другой стороны, вызовет ряд ухудшений в работе последнего.

г) Коэффициент подачи

Выше было отмечено влияние различных параметров на коэффициент подачи, а поэтому мы здесь разберем только один фактор, увеличивающий коэффициент подачи - наддув.

Наддувом называется принудительное нагнетание рабочей смеси в цилиндры двигателя при помощи компрессора. Данное мероприятие может не только повысить давление всасывания до атмосферного, но и увеличить его до требуемой величины.

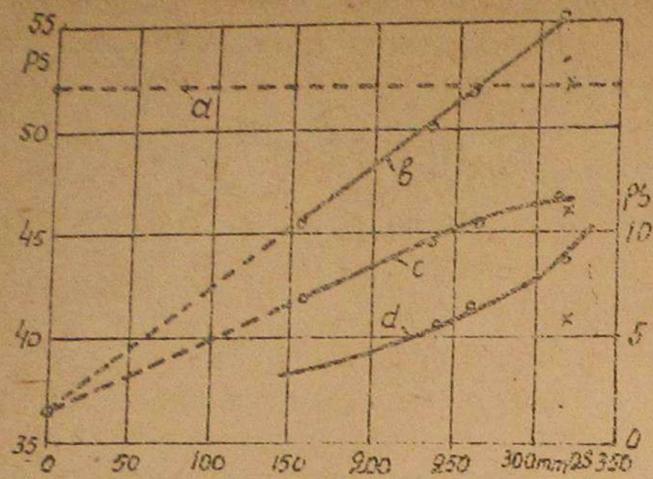
Опыты с применением наддува для газогенераторных двигателей производились в Мюнхене профессором Кюнэ (V. 7. Декабрь 1934) и в Ленинграде (ВНИДИ), которые показали, что для получения мощности на газе - равной бензиновой мощности двигателя, рабочая смесь должна подаваться в цилиндры двигателя под давлением около 1,7 ата.

Очевидно при таком давлении наддува расход мощности на компрессор будет представлять из себя значительную величину.

Результаты опытов проф. Кюнэ приведены на фиг. 15, где кривые представляют из себя мощность двигателя (при наддуве), работающего на генераторном газе, получаемом из дров, а также потребляемой мощности компрессором в зависимости от давления наддува, выраженного в мм. ртутного столба.

Кривая а - представляет из себя мощность двигателя на бензоле при степени сжатия  $\epsilon = 5,17$  и  $n = 1100$  об/мин.

Кривая б - брутто мощности двигателя на дровяном газе при  $\epsilon = 6,89$  и  $n = 1100$  об/мин. Кривая с - нетто мощности



Фиг. 15.

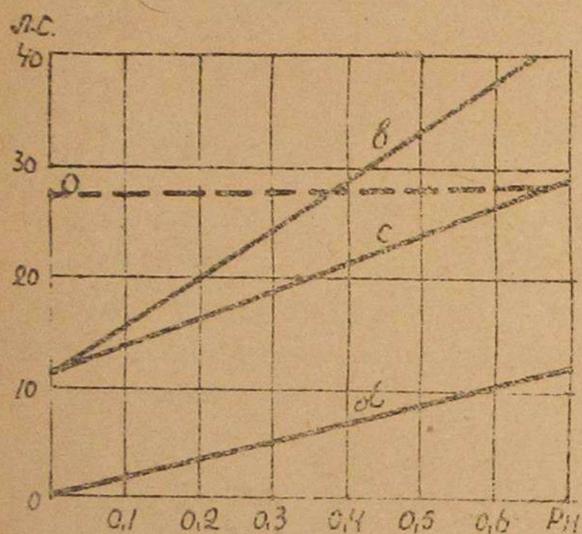
двигателя на газовом газе.

Кривая *d* - мощность, потребляемая компрессором для нагнетания рабочей смеси в цилиндры двигателя.

На основании фиг. 15 можно заключить, что при увеличении наддува до давления 1,4 атм, мощность двигателя на газе составляет около 30% от мощности двигателя на бензине.

от мощности двигателя на бензине.

Результаты опытов ВНИИ<sup>1)</sup> приведены на фиг. 16, где по оси абсцисс отложены абсолютные давления наддува, а по оси ординат мощности в л.с. Здесь *a* - представляет из себя мощность двигателя на бензине при  $\xi=3,8$  и  $n=900$  об/мин.; *b* - брутто мощности двигателя на газе при тех же  $\xi=3,8$  и  $n=900$  об/мин.; *c* - нетто мощности двигателя, и *d* - мощность, затрачиваемая на компрессор для нагнетания рабочей смеси в цилиндры двигателя.



Фиг. 16.

На основании фиг. 16 можно заключить, что при давлении наддува, равном 1,6 атм, можно получить ту же мощность, какую двигатель имеет

на бензине.

на бензине.

Произведенные опыты проф. Кюнэ и ВНИИ<sup>1)</sup> показывают, что в том случае, когда вместе с наддувом увеличивают степень сжатия, то расход мощности на компрессор составляет 15-20% от общей мощности двигателя; если же применить только один наддув, без изменения степени сжатия, то расход мощности на компрессор будет составлять 40-45% от общей мощности двигателя, т.е. почти половина мощности двигателя будет израсходована на компрессор.

Вообще применение одного наддува без изменения степени сжатия нельзя считать целесообразным, т.к. в этом случае при-

<sup>1)</sup> См. Ожигов и др. Применение наддува в транспортных газогенераторных установках 1932 год.

ходится вводить почти двойное количество тепла и вследствие недостатка термического коэффициента полезного действия иметь чрезмерно большой отвод тепла в охлаждающую воду, что вызовет увеличение термической напряженности двигателя, а следовательно, ухудшит и всю его работу.

Несмотря на то, что при сочетании наддува со степенью сжатия можно будет ожидать благоприятные результаты, все же данное мероприятие едва ли возможно будет считать рентабельным в условиях автомобилей и тракторов.

Установка компрессора на современных транспортных установках повлечет стоимость эксплуатации данной машины, благодаря высокой его стоимости и дополнительным расходам, связанным с его установкой. Кроме того, не на всякой машине можно будет установить компрессор, т.к. габариты последних нерасчитаны на дополнительное оборудование.

На основании всего вышеизложенного следует, что, при имеющихся положительных качествах наддува, применить последний на существующих машинах не является целесообразным, благодаря высокой стоимости и сложности компрессорной установки.

Кроме всех вышеуказанных мероприятий коэффициент подачи можно увеличить путем увеличения время-сечения всасывающих клапанов, которое заключается в том, что увеличивают подъем всасывающего клапана или увеличивают время открытия его. Каков будет эффект от увеличения время-сечения сказать пока что трудно, т.к. первая выполненная для этого переделка двигателя "Сталинец-60" бригадой Автодора, пока что еще не проверена.

г) Термический коэффициент полезного действия.

При увеличении термического коэффициента полезного действия  $\eta_t$  - индикаторная мощность двигателя будет также увеличиваться.

Термический коэффициент полезного действия для цикла Отто выражается общеизвестной формулой

$$\eta_t = 1 - \frac{1}{\xi^{\kappa-1}}$$

Из этой формулы видно, что термический коэффициент будет увеличиваться с увеличением степени сжатия и показателя адиабаты.

В виду того, что показатель адиабаты может меняться только в очень незначительных пределах, то рассматривать будем только степень сжатия.

Газогенераторный газ имеет преимущества перед жидким топливом, которое заключается в том, что для него могут быть

применены более высокие степени сжатия. Это обстоятельство может быть объяснено тем, что в генераторном газе имеется более 50% инертных газов (азот и углекислота), а его рабочая смесь имеет до 70%.

Степень сжатия двигателей внутреннего сгорания обуславливается температурой самовоспламенения смеси и так называемой детонацией<sup>\*)</sup>. Ниже помещена таблица 6, которая указывает примерно допустимые степени сжатия для различных топлив, применяемых в двигателях внутреннего сгорания.

Таблица 6.

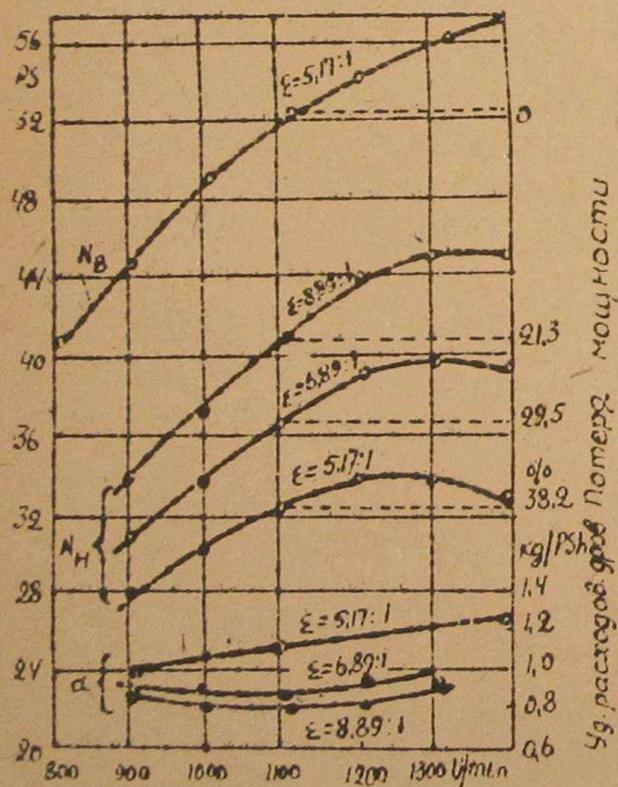
- Двигатели керосиновые -  $\epsilon = 3-4$
- Двигатели бензиновые (автомобильного типа) -  $\epsilon = 4-5$
- Спиртовые двигатели -  $\epsilon = 7-8$
- Газогенераторные двигатели -  $\epsilon = 6-10$

Так как для газогенераторных двигателей термический коэффициент полезного действия будет выше, чем для бензинового, то, следовательно, количество тепла, выделившегося при сгорании газовой рабочей смеси, будет использовано в механическую работу, также с большим коэффициентом, чем при бензиновой.

Мощность двигателя с повышением степени сжатия будет увеличиваться, а также одновременно будет уменьшаться расход газа и дров на 1 л.с. час.

На фиг. 17 даны кривые изменения мощности и удельного расхода топлива, в зависимости от степени сжатия. Эти данные получены в Мюнхенской высшей технической школе (V. D. J. Декабрь 1934 г.)

На основании приведенных кривых видно, что двигатель на бензоле при  $\epsilon = 5,17$  и  $n = 1100$  об/мин. развивает мощность  $M_e = 52$  л.с., (справа указана потеря равная нулю). При работе двигателя на генераторном газе, получаемом из дров, при тех же



Фиг. 17

<sup>\*)</sup> Детонацией называется такое явление, когда сгорание рабочей смеси в цилиндре двигателя происходит не с плавным повышением давления, а почти мгновенно, при этом давление конца сгорания резко увеличивается.

оборотах:  $n = 1100$  об/мин. получают следующие потери мощности (в зависимости от степени сжатия) при  $\epsilon = 5,17$  потеря  $\Delta M_e = 38,2\%$ , при  $\epsilon = 6,89$  потеря  $\Delta M_e = 29,5\%$  и при  $\epsilon = 8,89$  потеря  $21,3\%$ .

Расход дров также будет изменяться при  $n = 1100$  об/мин. от 1,18 кг. до 0,8 кг., причем больший расход будет соответствовать меньшей степени сжатия и наоборот.

На таблице 7 приведены зависимости среднего эффективного давления и удельного расхода древесного угля от степени сжатия, полученные на конкурсе военных грузовых автомобилей во Франции. Из этой таблицы видно, что при увеличении степени сжатия мощность двигателя растет, а удельный расход древесного угля уменьшается.

Таблица 7.

Степень сжатия	Среднее эффективное давление $P$ кг/см <sup>2</sup>	Удельный расход древесного угля на 1 л.с. час в граммах
4,20	2,40	850
4,98	3,78	655
5,88	3,81	598
6,25	4,33	530
7,21	4,50	428

На величину степени сжатия в газогенераторных двигателях оказывает весьма существенное влияние содержание водорода в генераторном газе. Чем больше будет находиться водорода в газе, тем меньшие степени сжатия должны быть применены для двигателя, работающего на этом газе.

Благодаря большому содержанию водорода в газе (от 12% и выше) были зафиксированы случаи самовоспламенения рабочей смеси.

При исследовании работы газогенераторных двигателей (переведенных с бензина), которая производилась в лаборатории тепловых двигателей В.Т.А., было установлено во время опытов, что при температуре всасываемого газа около  $140-150^\circ C$  и при содержании водорода в газе 15-16% степень сжатия должна быть около 4,66, а при содержании водорода 5-7% последняя определялась за пределами 6,16.

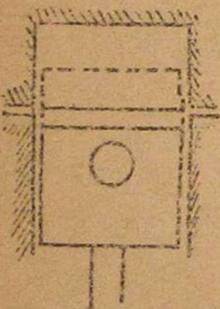
Дальнейшее увеличение степени сжатия для данных газов вызывало детонацию.

Конечно, приведенные степени сжатия не могут являться контрольными, т.к. температура газов в вышеуказанных опытах была чрезмерно высока.

Учитывая все данные, полученные в лабораторных и производственных условиях при работе автотракторных двигателей на газообразном топливе, на практике останавливаются на степени сжатия 7-8 и редко доводят до 9. Это обстоятельство обуславливается еще и тем, что пуск газогенераторных двигателей автотракторного типа производится, как правило, на жидком горючем, а, следовательно, при пуске может иметь место детонация. Кроме того, при высоких степенях сжатия сильно затрудняется пуск двигателя, т.е. стартер не в состоянии провернуть двигатель или (в случае ручного пуска) тракторист не сможет приложить соответствующего усилия.

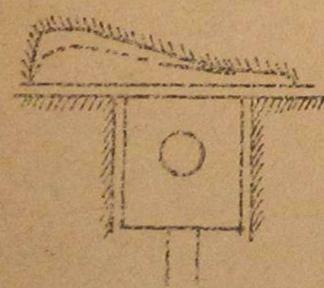
При практической переделке двигателей с жидкого топлива на газообразное, степень сжатия является наиболее эффективным мероприятием, повышающим мощность. Для двигателей, имеющих различные камеры сгорания, степень сжатия может быть увеличена также по различным способам.

Так например, у двигателя «Сталинец-60», имеющего цилиндрическую камеру сгорания, увеличение степени сжатия может быть достигнуто увеличением длины поршня (за счет наделки на него) (фиг. 18) или путем замены старого поршня новым, который должен иметь большую длину (Пунктир на фиг. 18. указывает изменение длины поршня).



Фиг. 18

Если двигатель имеет камеру сгорания типа Рикардо, например двигатель Г.А.Э. и ЗИС-5, то степень сжатия может быть увеличена путем наварки металла в камеру сгорания или отливкой новой головки (фиг. 19 пунктир указывает изменение камеры сгорания).



Фиг. 19

Кустарные изменения камеры сгорания путем наделки поршня и наварки металлом (чугун) камеры сгорания рекомендованы быть не могут вследствие того, что наделки очень плохо держатся благодаря силам инерции и высоким температурам; что же касается наварки камеры сгорания, то последняя вызывает излишние термические напряжения в материале головки и, как правило, головка в верхней части дает трещины.

Также нельзя рекомендовать и наплавку камеры сгорания каким-либо легким металлом, например, алюминием, т.к. по опытам, произведенным в ЦНИИМЭ, выяснилось, что благодаря низким температурам плавления алюминия (около 933°С) последний

на поверхности наплавленной камеры образуется в виде сосулек. Здесь, конечно, играет роль и плохое охлаждение данной наделки.

Увеличение длины поршня путем новой отливки имеет также целый ряд недостатков, которые заключаются в следующем:

1) Вес поршня увеличивается, благодаря чего увеличиваются силы инерции, а, следовательно, работа шатуна, коленчатого вала и подшипников будет протекать в значительно худших условиях, что, конечно, не исключает поломки указанных деталей.

2) Выступающая в камеру сгорания верхняя часть поршня образует кольцевое пространство, в котором рабочая смесь не будет участвовать в процессе сгорания, а, следовательно, она будет догорать на линии расширения, это обстоятельство значительно уменьшит эффект использования тепла в двигателе. Кроме того, кольцевой слой будет более интенсивно охлаждаться стенкой цилиндра двигателя, и наличие невысокой температуры этого слоя будет понижать общую температуру смеси, а, следовательно, температура горения также уменьшится, что и вызовет образование нагара в цилиндре двигателя.

3) Вследствие того, что камера сгорания имеет больший диаметр, чем поршень, то поршень будет как бы счищать масло с цилиндра двигателя и тем самым забрасывать свечу, что может вызвать отказ свечи давать искру.

Лучшим способом увеличения степени сжатия надо считать изменение камеры сгорания путем отливки новой головки двигателя, данный способ исключает все недостатки предыдущих способов.

На фиг. 20 дан разрез измененной головки и цилиндра двигателя трактора «Сталинец-60», проектирование изменения двигателя произведено бригадой «Автотора». Слева виден декомпрессионный краник (который имеет отверстие большего диаметра, чем нормальный), служащий для облегчения пуска двигателя в холод.

На фиг. 21 представлен рабочий чертеж измененной головки двигателя трактора «Сталинец-60» для степени сжатия  $\Sigma=8$ . Эта головка имеет значительно меньший объем камеры сгорания, чем у нормального двигателя.

На фиг. 22 представлен рабочий чертеж измененной головки двигателя автомобиля Г.А.Э. для степени сжатия  $\Sigma=7,5$ . Здесь в целях приближения электродов свечи к основной камере сгорания сделана специальная выемка в головке.

На фиг. 23 представлены различные варианты увеличения степени сжатия от  $\Sigma=5,5$  до  $\Sigma=9$ , наиболее подходящей степенью сжатия здесь является  $\Sigma=7$ , электрическая све-

ча здесь также уплотнена, а также для облегчения запуска двигателя в верхней части головки запроектирован декомпрессионный краник.

### Относительный коэффициент полезного действия.

Как уже выше отмечалось, этот коэффициент учитывает использование тепла в двигателе по отношению к идеальной машине.

Этот коэффициент будет тем выше, чем ближе к мертвой точке полностью сгорит рабочая смесь. Так как газовая рабочая смесь имеет меньшие скорости сгорания чем смесь бензиновая, то отсюда вытекает требование к газовому двигателю - иметь большее опережение зажигания.

Испытаниями в с/хоз. ин-те и Высшей технической школе в Мюнхене установлены следующие наиболее выгодные углы опережения зажигания для различных степеней сжатия.

Для бензина при  $\xi = 5,17$  наиболее выгодный угол опережения был установлен в  $29^\circ$ .

Для газа	$\xi = 5,17$	угол опережения	- $39^\circ$
"	$\xi = 6,89$	"	- $35,5^\circ$
"	$\xi = 8,89$	"	- $31,5^\circ$

Отсюда еще раз видно, что скорость сгорания рабочей смеси зависит от степени сжатия, а также можно заключить, что при дальнейшем увеличении степени сжатия можно было бы дойти до такого предела, где пришлось бы уменьшить угол опережения зажигания против нормального.

Очевидно в последнем случае скорость сгорания газовой смеси была бы больше скорости сгорания бензиновой.

### Выводы.

Чтобы увеличить мощность двигателя при переделке с жидкого топлива на газообразное, необходимо изменить степень сжатия (в сторону увеличения), отливкой новой головки. Каких-либо переделок у существующих головок и поршня делать не имеет никакого смысла, т.к. все это приведет к ослаблению конструкции и поломкам двигателя.

Кроме этого нужно увеличить время-сечение, путем переделки клапанных коромысел (двигатель трактора "Сталинец-60") или переделать распределительный валик.

Необходимо сделать раздельными всасывающий и выхлопной коллекторы, для устранения подогрева рабочей смеси.

Также для некоторых двигателей необходимо устройство декомпрессионных краников, в целях лучшего запуска двигателя.

Все указанные переделки двигателя вместе представляют из себя сложную задачу, а поэтому в настоящее время применяется только одна - увеличение степени сжатия, как дающая наибольший эффект и требующая замены только одной детали.

Как бы двигатель переделан ни был, все же получить полную мощность на газу по отношению к бензиновой не удастся, и как максимум устанавливается 30-35% от бензиновой.

Поэтому приспособливая существующие автотракторные двигатели к работе на газе нужно одновременно заниматься проектированием специального газового двигателя, который будет давать полную мощность для данной установки.

Примерный расчет потери мощности двигателя автомобиля

ГАЗ при переводе с бензина на генераторный газ, с изменением степени сжатия до  $\xi = 7$ .

Состав генераторного газа из дров берем полученный в газогенераторе системы Декаленкова, объемный состав которого будет следующий

$$\text{CO}_2 = 9,5\% ; \text{CO} = 15,4\% ; \text{CH}_4 = 2,6\% ;$$

$$\text{O}_2 = 4,2\% ; \text{H}_2 = 12,2\% ; \text{N}_2 = 56,1\%$$

Рабочая теплотворная способность отдельных газов, участвующих в реакции сгорания, в  $\frac{\text{кал}}{\text{моль}}$  будет

$$\text{CO} = 68320 \frac{\text{кал}}{\text{моль}}$$

$$\text{H}_2 = 57580 \quad "$$

$$\text{CH}_4 = 190810 \quad "$$

Теплотворную способность 1 моля силового газа, полученного из древесного топлива, будет

$$H_{u,m} = 68320 \cdot \text{CO} + 57580 \cdot \text{H}_2 + 190810 \cdot \text{CH}_4 = 22503 \text{ кал.}$$

Теплотворная способность 1 м<sup>3</sup> газа при 0°C и 760 мм рт. столба получится

$$H_u = 22503 : 22,4 = 1004 \text{ кал/м}^3$$

Теоретически необходимое количество воздуха для сжигания 1 моля газа определится по формуле

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left( \frac{\text{CO}}{2} + \frac{\text{H}_2}{2} + 2\text{CH}_4 - \text{O}_2 \right)$$

Откуда после подстановки получим

$L_0 = 0,705$  моля

Коэффициент избытка воздуха принимаем  $\alpha = 1,15$ , на основании литературных данных и практических соображений. Следовательно действительно необходимое количество воздуха будет  $L = \alpha L_0 = 1,15 \cdot 0,705 = 0,811$  моля.

Тогда полный объем свежей рабочей смеси получим:

$(1 + L) = 1 + 0,811 = 1,811$  моля.

Теперь можно определить теплопроводную способность 1 моля смеси газа с воздухом

$H_{тсм} = \frac{22503}{1,811} = 12432 \frac{\text{кал}}{\text{моль}}$

Теплотворная способность 1 м<sup>3</sup> смеси газа и воздуха при 0°С и 760 мм рт. столба, получится

$H_{см} = \frac{H_{тсм}}{22,4} = 555 \text{ кал.}$

При сгорании окиси углерода и водорода происходит сокращение объема продуктов сгорания, это сокращение можно определить по формуле

$\Delta M = \left(\frac{CO}{2} + \frac{H_2}{2}\right) = \left(\frac{0,154}{2} + \frac{0,129}{2}\right) = 0,138 \frac{\text{кг.}}{\text{моль}}$

Отсюда видно, что после сгорания мы получим меньший объем, а именно

$M = (1 + \alpha L_0) - \Delta M = 1,811 - 0,138 = 1,673$  моля

Определим химический коэффициент молекулярного изменения

$M_0 = \frac{M}{1 + \alpha L_0} = \frac{1,673}{1 + 0,811} = 0,923$

Для дальнейшего ведения теплового расчета необходимо задать некоторыми величинами, считая их во время всей работы двигателя постоянными.

Указанные величины выбраны, исходя из фактической работы двигателя и учитывая литературные данные.

Задаемся следующими величинами:

- Давление в начале сжатия  $P_1 = 0,85$  ата
- " окружающей среды  $P_0 = 1$  ата
- " выхлопных газов  $P_2 = 1,15$  ата
- Степень сжатия  $\Sigma = 7$
- Температура окружающего воздуха  $T_0 = 290^\circ \text{ abs}$
- " смеси газа с воздухом  $T_0' = 320^\circ \text{ "}$
- " остаточных газов  $T_2 = 750^\circ \text{ "}$
- Показатель политропы сжатия  $\pi_1 = 1,35$

Показатель политропы расширения  $\pi_2 = 1,27$   
Коэффициент выделения тепла  $\gamma = 0,8$

Остаточный коэффициент определится по формуле

$\gamma = \frac{T_0'}{T_2} \frac{P_2}{\Sigma P_1 - P_2}$

подставляя значения величин, получим

$\gamma = \frac{320}{750} \frac{1,15}{7 \cdot 0,85 - 1,15} = 0,102$

Действительный коэффициент молекулярного изменения определится по формуле

$M = \frac{M_0 + \gamma}{1 + \gamma} = \frac{0,923 + 0,102}{1 + 0,102} = 0,939$

Температура начала сжатия

$T_0 = \frac{T_0' + \gamma T_2}{1 + \gamma} = \frac{320 + 0,102 \cdot 750}{1 + 0,102} = 359^\circ$

Коэффициент подачи

$\eta_v = \frac{T_0}{P_0(\Sigma - 1)} \left( \frac{P_0 \Sigma - P_2}{T_0} - \frac{P_2}{T_2} \right) = \frac{290}{1 \cdot 6} \left( \frac{0,85 \cdot 7 - 1,15}{359} - \frac{1,15}{750} \right) = 0,72$

Температура конца сжатия

$T_2 = T_0 \cdot \Sigma^{\pi_1 - 1} = 359 \cdot 7^{0,35} = 711^\circ$

Давление конца сжатия

$P_2 = P_1 \Sigma^{\pi_1} = 0,85 \cdot 7 \cdot 1,98 = 11,8 \text{ ата.}$

Температура конца сгорания рабочей смеси  $t_2$  определим по формуле

$\frac{\gamma H_u}{1 + L} + C_v t_c + \gamma C_v' t_c = M(i + \gamma) C_v'' t_2$

Состав продуктов сгорания 1 моля газа

- Углекислота  $CO_2 + CO + CH_4 = 0,095 + 0,154 + 0,026 = 0,275$  мол.
- Водяных паров  $H_2 + 2CH_4 = 0,122 + 0,052 = 0,174$
- Кислорода  $0,21(\alpha - 1)L_0 = 0,21 \cdot 0,15 \cdot 0,705 = 0,022$
- Азот из воздуха  $0,79 L_0 = 0,79 \cdot 0,811 = 0,641$
- Азот из газа  $N_2 = 0,561$

Суммарное количество = 1,673 мол.

Молекулярные теплоемкости рабочих газов до сгорания, принимаются равной теплоемкости двухатомных газов.

$C_v = 4,625 + 0,00053 T$

Таблица определения коэффициентов средней суммарной

теплоемкости продуктов сгорания 1 моля газа

Углекислота	$6,774 \cdot 0,275 = 1,855$	$0,00189 \cdot 0,275 = 0,000521$
Водяные пары	$6,355 \cdot 0,174 = 1,192$	$0,00116 \cdot 0,174 = 0,000202$
Двухатомные газы	$4,625 \cdot 1,224 = 5,656$	$0,00053 \cdot 1,224 = 0,000648$

$A = 8,703$   $0,001371$

Подставляя значения в уравнение сгорания и решая квадратное уравнение, получим

$t_z = 1783^\circ\text{C}$   $T_z = 2056^\circ\text{ abs}$

Давление конца сгорания при  $v = \text{const}$

$P_z = P_c \cdot M \frac{T_z}{T_c} = 11,8 \cdot 0,939 \frac{2056}{711} = 32 \text{ атм}$

Степень увеличения давления.

$\lambda = \frac{P_z}{P_c} = \frac{32}{11,8} = 2,68$

Температура конца расширения

$T_b = \frac{T_z}{\xi^{n_2-1}} = \frac{2056}{1,72} = 1189^\circ\text{ abs}$

Давление в конце расширения

$P_b = \frac{P_z}{\xi^{n_2}} = \frac{32}{7 \cdot 1,72} = 2,66 \text{ атм}$

Произведем проверку

$P_b = P_a \cdot M \frac{T_b}{T_a} = 0,85 \cdot 0,939 \frac{1189}{359} = 2,65 \text{ атм}$

Ошибка в подсчетах выражается в сотых долях. Среднее индикаторное давление.

$$P_i' = \frac{P_c}{\xi-1} \left[ \frac{\lambda}{n_2-1} \left( 1 - \frac{1}{\xi^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1-1} \left( 1 - \frac{1}{\xi^{n_1-1}} \right) \right]$$

Подставляя значения, будем иметь

$P_i' = 5,17 \text{ атм}$

Вводя поправочное значение для среднего индикаторного давления получим

$P_i = \varphi \cdot P_i' - \Delta P = 0,96 \cdot 5,17 - 0,3 = 4,66 \text{ атм}$

Эффективное давление

$P_e = \eta_m \cdot P_i = 0,85 \cdot 4,66 = 3,96 \text{ атм}$

Индикаторный коэффициент полезного действия

$\eta_i = 0,0886 \cdot \frac{(1+\lambda) T_0 P_i'}{\eta_v P_0 H_u} = 0,0886 \cdot \frac{2,04 \cdot 310 \cdot 4,66}{0,72 \cdot 1 \cdot 1004} = 34,7\%$

Расход тепла

$Q_i = \frac{632}{\eta_i} = \frac{632}{34,7} = 1805 \text{ кал/и.с.ч}$

Расход топлива / газа / в м<sup>3</sup>

$C_i = \frac{Q_i}{H_u} = \frac{1805}{1004} = 1750 \text{ м}^3/\text{и.с.ч}$

Экономический коэффициент полезного действия

$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 34,7 \cdot 0,85 = 29,8\%$

Мощность двигателя определим по формуле

$$N_e = \frac{\pi D^2}{4} H \frac{n \cdot i P_e}{60 \cdot 75 \cdot K}$$

D - диаметр цилиндра в см.

H - ход поршня в м.

n - число оборотов в минуту

i - число цилиндров

P<sub>e</sub> - эффективное давление

K - коэффициент тактности = 2.

При следующих размерах двигателя 2.А.3.

D = 98 мм. n = 2200 об/мин

H = 108 мм N<sub>e</sub> = 40 л.с. на бензине

i = 4 ξ = 4,22

Подставляя значения, получим

$N_e = \frac{\pi \cdot 98^2}{4} \cdot 0,108 \frac{2200 \cdot 4 \cdot 3,96}{60 \cdot 75 \cdot 2} = 31,6 \text{ л.с.}$

Потеря мощности в % % будет

$\Delta N = \frac{40 - 31,6}{40} = 21\%$

Определим объем камеры сгорания

$V_c = \frac{V_h}{\xi-1}$  где  $V_h = \frac{\pi D^2}{4} H = \frac{3,14 \cdot 0,098^2}{4} \cdot 0,108 = 0,814 \text{ литра}$

для степени сжатия ξ = 4,22, объем получится

$V_c = \frac{0,814}{4,22-1} = 0,2527 \text{ литра}$

для степени сжатия ξ = 7, объем получится

$V_c = \frac{0,814}{7-1} = 0,136 \text{ литра}$

От редактора.

Формулы и расчеты проверить не представилось возможным за недостатком времени при редактировании и правильность их оставляю на ответственность автора этой части.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И РАБОТА ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ТРАКТОРОВ И АВТОМАШИН.

Газогенераторная машина требует большого внимания за собой при ее эксплуатации. Особенно надо внимательно следить за правильностью периодичности загрузки топлива в шахту генератора, если почему-либо загрузка топливом генератора будет произведена с опозданием, например вместо часа - загрузили через 2 часа, то в этом случае нарушится процесс газообразования и двигатель остановится.

Уход за газогенератором несложен - во время работы он не требует особых забот со стороны водителя, кроме как необходимости внимательно следить за правильным чередованием загрузок топливом. После дневной работы генератора необходимо удалять золь, накапливающуюся под колосниками и выпустить воду из очистителей, которая конденсируется из газа в зимнее время больше, в летнее - меньше. Примерно раз в неделю необходимо чистить очистители, в которых во время работ генератора скапливаются мелкие частицы угля, золы и сажи.

Раз в 1-1/2 месяца необходимо разбирать газопроводы генераторной установки и прочищать их металлическими щетками - например подобно применяемых для чистки дымовых труб паровых котлов.

После окончания работы газогенератора необходимо закрыть отверстия притока первичного воздуха для того, чтобы более быстро прекратилось горение топлива. Однако высокая температура в генераторах может сохраняться долго и возможны случаи самовосгорания дров при открытии отверстий первичного воздуха. Во время работы генератора не рекомендуется производить шуровку топлива, т.к. во время шуровки в топливнике измельчается уголь, который засоряет топливник и колосниковую решетку, что увеличивает сопротивление газа и тем самым понижает мощность двигателя.

Газогенераторный трактор в процессе работ подвергается различному переменному воздействию внешних сил, изменяется степень нагрузки, меняется профиль пути и друг., вследствие чего режим работы двигателя, а следовательно и мощность тоже меняется. При работе на газе надо давать нагрузку двигателю равномерно и стараться резко не изменять перемены оборотов двигателя, т.к. резкое изменение оборотов меняет режим газообразования генератора и возможен случай остановки двигателя, вследствие нарушения режима газообразования. В автомашинах это менее сказывается, т.к. хотя тоже имеется нарушение газообразования в генераторе, но движение автомашины по инерции может продолжаться / у трактора движение по инерции почти отсутствует / сравнительно продолжительное время 7-50 сек. в зависимости от скорости /, и таким образом двигатель

не глохнет, проработав несколько с перебоями и начинает работать равномерно.

Условия работы на лесотранспорте для газогенераторных машин не совсем подходящи с точки зрения неравномерности работы двигателей; однако практически при работе с газогенераторными машинами водители привыкают к свойствам и капризам газогенератора и при перемене нагрузок манипулируя с газовым дросселем и заслонкой добавочного воздуха, достигают бесперебойности работы генераторных машин.

Для получения наибольшей мощности двигателя при работе на генераторном газе необходимо ставить правильно опережение зажигания: оно должно быть в среднем 15-35° раньше верхней мертвой точки двигателя, в зависимости от степени сжатия. Газовая смесь медленно горит, потому ее необходимо поджигать раньше, чем бензиновую смесь.

При налаживании и подготовке к пуску газогенератора необходимо просмотреть плотность всех соединений в трубопроводах, степень набивки асбестом пазов люков и др., при наличии небольших зазоров и неплотностей, генераторный газ будет слишком разбавляться воздухом и в результате на такой смеси двигатель будет работать с неполной мощностью или вообще невозможно будет получить какой-либо работы.

Крепление газогенераторной установки должно быть надежное, так чтобы при работе на лесозаготовках, вся система газопроводов, очистителей и др. не расстраивалась и не образовывало зазоров и щелей в местах соединений трубопроводов.

Зависимость между относительной и абсолютной влажностью представлена в данной таблице:

Абсол. влажн. в %	Относ. влажн. в %	Абсол. влажн. в %	Относ. влажн. в %	Абсол. влажн. в %	Относ. влажн. в %	Абсол. влажн. в %	Относ. влажн. в %	Абсол. влажн. в %	Относ. влажн. в %
10	9,1	21	17,4	32	24,2	43	30,0	54	35,0
11	9,8	22	18,0	33	24,7	44	30,0	55	35,4
12	10,6	23	18,7	34	25,4	45	31,0	56	35,9
13	11,4	24	19,3	35	26,0	46	31,5	57	36,3
14	12,2	25	20,0	36	26,5	47	32,0	58	36,7
15	13,0	26	20,7	37	27,0	48	32,5	59	37,1
16	13,8	27	21,3	38	27,5	49	33,0	60	37,4
17	14,4	28	22,0	39	28,0	50	33,4	61	37,8
18	15,2	29	22,5	40	28,5	51	33,7	62	38,1
19	16,0	30	23,1	41	29,0	52	34,1	63	38,4
								64	38,9
20	16,7	31	23,7	42	29,5	53	34,5	65	39,3
								66	39,7
								67	40,0

Соотношение между относительной и абсолютной влажностью вычисляется по следующим формулам:

$$Ab = \frac{Om}{100 - Om} \cdot 100$$

$$Om = \frac{Ab}{100 + Ab} \cdot 100$$

где  $Om$  = влажность относительная в %  
и  $Ab$  = влажность абсолютная в %.

В летнее время сушка легко достигается на солнце, зимой же необходимо построить небольшую сушилку. Если нет возможности на базе производить сушку древесины, то к имеющемуся сырому топливу следует добавлять сухой древесный уголь. Дексленков С. И. рекомендует следующую добавку угля для различной абсолютной влажности дров:

Процент влажности дров	Процент добавки сухого угля по весу	Процент влажности дров	Процент добавки сухого угля по весу
30%	-	36%	24%
31%	4%	37%	28%
32%	8%	38%	32%
33%	12%	-	-
34%	16%	39%	36%
35%	20%	40%	40%

Размельченные дрова для загрузки в шахту генератора удобнее всего производить из мешков, которые предварительно заполнить на складах дровяного топлива / Заготовка и хранение топлива смотрите главу VII /.

Эксплуатационные показатели газогенераторов на лесовывозке.

Сводные данные о работе газогенератора „Пионер Д-7“ конструкции Дексленкова С.И. и газогенерат. „Берлиз“, смонтированных на тракторе „Клетрак 40“ в зимних и летних условиях вывозки леса на Урале 1932-33г. / Тепло-Ключковская тракторная база. Двигатель имел степень сжатия „Е“ нормальную и „Е“ увеличенную.

	Летом грунт. дорога		Зимой по снежной дороге		
	„Д-7“ Е-норм.	Берлиз Е-норм.	Д-7 Е-норм.	Берлиз Е-норм.	Е-повыш.
1. Продолжит. испытания в час.	79	52	70	60	82
2. Средняя нагрузка на трактор в ф/метр.	13,9	15,2	35,1	40	30
3. Средняя скорость движения с грузом км/час	2,6	3,3	2,7	3,0	3,2
4. Потеря скорости на газе от скорости на лировине при движении с грузом	7%	11%	-	17%	12%
5. Средняя скорость движения с порожняком в км/час	4,4	5,1	4,5	5,3	5,7
6. Продолжительность разжига в переводе мотора на газ в мин.	64	5	90	28	28
7. Расход топлива дров на 1 л.с.ч. в кв.	1,23	0,9	2,6	2,41	1,8
8. Период работы между последующими загрузками в мин.	50	60	68	60	60
9. Простой по вине газогенератора в % от общего времени.	3,4%		15,8%		

При работе двигателя на дровяном топливе, расход масла несколько пониженный, разжигание не наблюдается.

Средняя продолжительность перевода на газ, без разжига в 1/2 раза больше, чем летом.

Дрова при испытании газогенератора „Д-7“ в зимних условиях

были следующие: береза, осина и сосна, размером 30x50x50 мм средней влажностью от 13 до 20,3%.

Расход дров газогенератора „Пионер Д-7“ на 1 л.с. час при работе на березе составлял = 2,5 кгр.  
" " на осине - 2,27 "  
" " на сосне - 3,6 "

Данные цифры колеблются вследствие того, что дрова были различной влажностью:

Расход дров на тн/километр - береза 1,40 кгр.

Бензина требовалось на пуск двигателя трактора „Клетрак 40“ 1,25 - 2,2 литра.

Загрузка дров в генератор через 1 час, при средней загрузке - 23,5 кг.

Работа трактора „Клетрак 40“ с газогенератором „Д-7“, производилась на вывозке леса в зимних условиях в течение 70 часов 10 минут.

Время распределялось следующим образом:

- 1) Заправка трактора /заправка и перебор мотора на газ/..... 10,8%
  - 2) М а н е в р ы ..... 39,6%
  - 3) Проход трактора с порожняком и с грузом по основному пути ..... 26,3%
  - 4) П р о с т о й ..... 23,3%
- 100%

Простой складывается по причине плохого газа и по вине газогенератора 4,2% (2ч. 30 мин.)

Загрузка в пути топливом требовала 2,7% от общ. времени работы трактора.

Перевезено 245,4 ф/метр - (176,5 тонн) древесины или 1023 куб. килом. - (658,7 т/км). Удельный вес древесины 0,7. Со средней нагрузкой от 25,6 до 44,3 ф/метр. Нагрузка на „Клетрак 40“ работающих на жидком горючем была - 30-35 м<sup>3</sup>. Количество саней от 3 до 5 шт.

Средняя скорость движения с грузом - 2,7 км/час

Эффект. мощность двигателя составляла - 28 л.с. при 0,7 к.п.д. трансмиссии.

При работе на жидком лигроине скорость равнялась 3,5 км/час с грузом, т.е. на 23% имело падение скорости.

При порожняке скорость при работе на газе = 4,05 км/час.

" " " " " на лигроине = 6,9 км/час.  
т.е. потеря скорости - 41,5%

После испытания газогенератора, газогенераторный трактор „Клетрак 40“ возил лес с 22/II - 33 по 1/IV - 33 г. в Тепло-Ключевской базе /Ураллес/.

При испытании газогенераторного трактора „Катерпилляр 60“

10 апреля 1933г. на Плесецкой базе, последний возил лес до 140 куб/метр (8 комплектов саней) на 1-й и 2-й передачи, на горизонтальном участке. К сожалению определить силу тяги не представилось возможным из-за отсутствия динамометра.

Двигатель трактора имел повышенную степень сжатия равную 5,5. Степень сжатия увеличена за счет срезывания головок на 22 м.

ДАННЫЕ ИСПЫТАНИЯ Ц.С. АВТОДОРА  
ГАЗОГЕНЕРАТОРА „ПИОНЕР Д-7“

Ц.С. Автодора производил испытания газогенератора „Д-7“ в июле и августе 1932 г. на тракторе „Коммунар 3-90“.

В результате динамометрирования получены следующие данные тяговых свойств трактора на бензине и на газе.

Топливо	Тяговое усилие Р	Скорость движения м/сек	Мощность тяговая л/с	Число оборотов двигателя в мин.	Отношен. мощности в %
Бензин	4770 кг.	0,961	61,2	1140	100%
Генер. газ.	1870 кг.	0,890	22,2	1005	36,3%

Динамометрирование производилось на 1-й скорости, степень сжатия двигателя - 4,55. Потеря тяговой мощности по сравнению с мощностью на бензине составляла около 64%. Большая потеря мощности отчасти объясняется высокой температурой газа, поступающего в цилиндры двигателя, из-за недостаточного охлаждения и малой степени сжатия двигателя. Вследствие высокой температуры газа степень наполнения в летних условиях работы генератора „Д-7“ меньше нежели в зимних, соответственно этому мощность зимой больше, чем летом.

Анализ газа генератора „Д-7“ (по данным НАТИ) получен следующий:

	Составные части в объемах %						Теплотворн. способ. кал./л.	Удельн. вес	Влажн. дров
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub>			
27/VI - 32г.	9,0	2,0	18,4	12,7	1,4	66,5	1006	1,0668	11,8%
29/VII - 32г.	6,4	5,4	12,4	11,3	4,2	65,7	1028	1,0613	17,3%
Среднее	9,5	4,2	15,4	12,0	2,8	66,1	1017	1,0741	14,5%

При рядовой работе на конкурсе Ц.С. Автодора газогенератор „Д-7“ на тракторе „Коммунар 3-90“ получены следующие данные о расходе топлива и смазки:

1) Расход дров на 1 час рядовой работы - 65,7 кг.

2/ Расход дров на 1 л.с. час на крюке	- 3,89 кг.
3/ На клм. пути/с грузом/	- 1,40 "
4/ Расход бензина на пуск двигателя в среднем	- 4,64 "
5/ Расход бензина на 1 час рядовой работы	- 1,94 "
7/ Расход смазки /автол Т/ на 1 час работы	- 0,82 "

Расход дров на тяговую силу/час получен значительный, что можно объяснить низким термическим к.п.д. генератора, вследствие большого излучения генератора. Несмотря на эти скверные качества генератора /большое излучение, горячий газ /газогенератор получил на конкурсе Ц.С. Автодора хороший отзыв, главным образом, благодаря простоте конструкции, допускающей быструю замену одних частей запасными без больших потерь времени. На полную разборку генератора требовалось 3,65 человека/часа; если же учесть разборку генератора, его съёмку с трактора, разборку очистителя и друг. деталей установки: - эта работа требовала 6,90 чел/часа /по данным хронометража НЯТЦ/.

Вес генератора "Д-7"	- 221,1 кг.
Очистителя	- 126,8 кг.
Газопровода	- 31,1 кг.
Смеситель с трубой добавочного воздуха	- 5,4 кг.
Крепление трактора /болты и др./	- 22,6 кг.
<b>Всего: 407,0 кг.</b>	

Полный вес загрузки генератора - 74 кг. дров.  
 Вес установки на 1 кг. загружаемого топлива - 5,53 кг. дров.  
 Вес на 1 л.с. нормальной мощности двигателя =

$$= \frac{409}{90} = 4,5 \text{ кг/л.с.}$$

Выводы о работе газогенератора "Пионер Д-7"

- 1) Газогенератор работал надежно и устойчиво на дровах и чурках с относительной влажностью до 30%.
- 2) Не капризен в работе, прост в обслуживании
- 3) Потеря мощности нормальная 35-40 по сравнению с мощностью керосиновой.
- 4) Совершенно не наблюдалось выделение смолы ни в очистителях, ни в двигателе.
- 5) К конструктивным достоинствам следует отнести следующее:
  - а) не требует импортных частей и металла,
  - б) прост в изготовлении
  - в) возможность замены одних частей изношенных или поврежденных другими при небольшой затрате времени
  - г) простота и быстрота разборки
  - д) малая потребность в металле 350-400 кгр на установку.

е) возможность установки этого газогенератора на тракторе "Клетрак 40", "Коммунар 50", "Катерпиллар 60", мотоавтосов, грузовых автомобилей "ЗИС-5" и проч.

К недостаткам газогенератора следует отнести:

- а) небольшой объем шахты генератора, вследствие чего необходимо производить частую загрузку.
- б) необходимость поставить изоляцию воздушную или другую в нижней части генератора для повышения термического к.п.д., что исправлено у новых серий газогенератора Декаленкова в моделях "Д-6" и "Д-8"

Эксплуатация авто-машин ГАЗ-АА с газогенераторами Декаленкова в Карелии на лесовывозке на зимний сезон 33/34г.

Газогенераторы "Д-6" построенные ЦНИИМЭ, приспособлены для авто-грузовиков "ГАЗ-АА". 1 1/2 тонны (см фото №5).

У двигателей ГАЗ была изменена степень сжатия до 6 вместо 4,42 путем заливки головки алюминией.

В 1933-34г. ЦНИИМЭ оборудовал 2 авто-машины "ГАЗ-АА" дровяными газогенераторами Декаленкова модель "Д-6" и провел работу на лесовывозке на Лесосинской авто-лесной дороге. Машины работали по вывозке баласта в кузовах авто-машин и длинного лесоматериала с помощью колесных полуприцепов. Газогенераторные машины по своей производительности практически мало уступали в работе бензиновым машинам, так если принять для бензиновых машин число оборотов за рейс в смену за 100%, то газогенераторные машины имели оборачиваемость в смену 95-100%.

Данные о работе газогенерат. машины "ГАЗ-АА" с колесным полуприцепом за 6 декад /данные тов. Д.Шапира/

Сделано число рейсов	- 42
Среднее расстояние вывозки	- 18 км.
Сделано рейсов	- 196 "
Всего пройдено с грузом и порожняк.	- 5055 "
Перевезено лесоматериалов	- 487,62 фест. мет.
Средняя нагрузка на рейс	- 3,87 " "
	- 13,1 тонны/
	9034
Сделано всего фест. мет. км.	- 273,5 лит.
Израсходовано: а) бензина	- 6790 кг.
б) дров береза /влажн. 20%/	- 44,5 кг.
в) масла автол	
Расход на 1 км. пробега	- 0,054 лит.
а) бензина	- 1,4 кг.
б) дров	



Наименование показателей	Работа на авто-лежневой дороге				Работа на грунт. дороге	
	Максим. нагрузка	В %	Сред. нагрузка	В %	Сред. нагрузка	В %
Средн. коммерческая скорость в км/час.	10,7	-	9	-	9	-
Время потребное перевода двигателя на генерат. газ за рейс в мин.сек.	4-30	2,1%	7-06	2,7	4-31	1,8%
Затрата времени на единичный перевод двигателя на газ в мин.сек.	00-54	-	1-08	-	00-50	-
Расход бензина за рейс в кг.	9	-	2-05	-	1,5	-
" дров " "	51	-	51,9	-	45	-
Расход топлива бензина в гр.	56	-	37	-	38	-
На 1 км. пробега дров в кг.	1,36	-	1,38	-	1,37	-
Сделано ф. мет. км. за рейс	90,5	-	62	-	72,7	-
Расход топлива бензин. в гр.	22	-	33	-	20,6	-
На ф. м. км. дров в кг.	563	-	839	-	617	-

Работоспособность газогенераторных авто-машин „2АЗ АЯ“, несмотря на ряд дефектов, которыми они обладали, в частности потеря мощности почти не влияет на нагрузку и скорость движения машин.

Заправка газогенератора и пуск двигателя на генераторный газ занимал от 5% до 10% от общего времени затрачиваемого на рейс.

Средняя техническая скорость движения порожнем выражалась в 26 км/час, а с грузом 10-15 км/час. Расход дров на 1 км. пробега за рейс равен был 40-50 грамм бензина и 1,1-1,3 кг. дров. Расход бензина является довольно значительным и объясняется тем, что газогенераторная машина на складах погрузки и разгрузки не работала, двигатель останавливали, и потом пускали на бензине несколько раз за рейс. При правильной эксплуатации газогенераторных машин необходимо будет стремиться к минимуму простоев на складах погрузочных и разгрузочных, стараясь двигатель не глушить при работе на дровах, этим самым экономия в бензине будет большая и себестоимость вывозки дешевле.

Несмотря на сравнительно большой расход бензина экономия на стоимости горючего имеется. Стоимость дров-чурок обходилась в г. Петрозаводске (отбросы львиной фабрики) в 15 руб. за 1 куб. метр. (сухих березовых), влажностью 20%, или стоимость 1 кг. дров, при весе 500 кг.

$$1 м^3, \text{ бюджет} = \frac{1500}{500} = 3 \text{ коп. за } 1 кг.$$

• Стоимость бензина 1 кг. = 1 руб.

Расход бензина для авто-машин, работающих на жидком горючем на 1 км. пробега, составлял в среднем = 387 гр., стоимостью 38,7 коп. ≈ 40 коп. Стоимость топлива на 1 км. пробега газогенераторных машин в среднем равна:

$$\begin{aligned} \text{а) стоимость бензина } 50 \text{ гр} &= 5 \text{ к.} \\ \text{б) } - - - \text{ дров } 1,4 \text{ кг} &= 4,5 \\ \text{Всего} &= 10 \text{ коп.} \end{aligned}$$

Примерно в 4 раза стоимость топлива газогенерат. машин на 1 км. пробега обходится дешевле, чем бензиновых машин, даже при такой высокой стоимости дров и большого перерасхода бензина - ушедшего на пуски двигателей при переводе на газ.

Эксплуатация тракторов „Сталинец 60“ с газогенераторами декаленкова / модель „Д-8“ на челмохотской тракторной базе „Севлеса“ в 1934-35 году.

Полных данных эксплуатации газогенераторных тракторов „Сталинец 60“ не представляется возможным опубликовать в настоящее время, так как работа этих тракторов продолжается. Однако имеющиеся данные о работе газогенераторных тракторов „Сталинец 60“ доказывают полную возможность замены жидкого горючего дровяным топливом. Лигроиновый трактор „Сталинец 60“ должен выполнить норму, равную 4000 куб. килом. на 1 л.с. /тяговую/ за зимний сезон. Принимая максимальную тяговую мощность 50 л.с. трактора „Сталинец 60“, нагрузка на зимний сезон составит = 50 x 4000 = 200000 куб. км. Считая среднее расстояние вывозки в 12,5 км. „Сталинец 60“, работая на лигроине, за сезон вывезет =  $\frac{200.000}{12,5} = 16000$  куб. мет.; т.е. средняя нагрузка трактора в сутки составит  $\frac{16000}{90} \approx 180$  куб. мет. Трактор за сутки, делая 2 рейса,

будет иметь среднюю нагрузку 90 куб. мет. Конечно это не значит, что трактор должен иметь такую нагрузку каждый день; надо нагрузку доводить больше, но не понижать менее 90 куб. мет. (плотных) на рейс трактора. При средней продолжительности работы трактора „С-60“ за сезон в течение 90 дней, при 2-х сменной работе по 20 часов, количество часов работы составит = 20 x 90 = 1800 часов. На основании этих данных может определить производительность газогенераторного трактора „Сталинец 60“, а также, учитывая опыт работы челмохотской базы.

По данным инж. Селецкого (главсевлес) техника ЦНИИМЭ Лащенкова о работе газогенераторного трактора „С-60“, с газогенератором „Д-8“ техническая скорость движения трактора с грузом при работе на дровах равна 3,2-3,8 км/час с нагрузкой на трактор 95 куб. мет.

7 грузеных саней). Движение газогенераторного трактора с грузом производится на 2-й и 3-й скорости по ледяной дороге.

Средняя нагрузка газогенераторных тракторов составляла за январь 35т. - 45 м<sup>3</sup>, (трактор № 2), за февраль 64 куб. метр. (трактор № 2) и 72 м<sup>3</sup> (трактор № 7) и за март 75 м<sup>3</sup> (трактор № 7). Максимальная нагрузка на газогенераторный трактор "Сталинец 60" была 109,5 куб. метр. (28 марта 1935г.) Челмохотская тракторная дорога имела максимальный подъем в грузовом направлении 0,017.

Расход дров в час в среднем составляет 45 кг, загрузка топлива генератор производится через 1 час. Всегда на Челмохотской базе работа 2 газогенераторных "Сталинца 60", имеющие измененную степень сжатия, путем удлинения поршней алюминиевыми наделками одной машины на 35 мм. и второй на 15 мм. Несмотря на кустарное выполнение этой переделки поршней двигателя, наделки стояли удовлетворительно, но несколько затрудняли заводку двигателя на бензине. Газогенераторный трактор имеет потерю тяговой мощности примерно на 30%, т.е. тяговая мощность составит при работе на генераторном газе 50 х 0,7 = 35 л.с. Для данной мощности норма работы на зимний сезон составит = 35 х 4000 = 140.000 куб. км. Количество леса, вывозимое дровяным трактором "С-60" при среднем расстоянии вывозки 12,5 км, должна составить =  $\frac{140.000}{12,5} \approx 11000$  куб. метр., на 30% меньше чем литроного трактора. Средн. нагрузка на рейс, считая 2 рейса в сутки, бюджет =  $\frac{11000}{20,2} \approx 60$  куб. метр.

В настоящее время, когда еще не освоено на заводах СССР производство газогенераторов и переделок двигателя трактора "С-60" для работы на газе видимо придется придерживаться последней нормы и исхода из нее составлять расчеты работы тракторных баз.

Расход топлива - дров для трактора "С-60" на 1 км. пробег составлял, при движении с грузом 15-20 кг. Время, затрачиваемое на рейс газогенераторного трактора "С-60", колебалось от 9 часов до 10ч. 30 мин., при среднем расстоянии вывозки 10 км.

За 1 рейс трактор "С-60" расходовал 350-400 кг. дров (при средн. расстоянии вывозки 10 км). Работа трактора "С-60" за рейс равнялась = 700 до 1000 куб. км. Расход дров 1 куб. км. =  $\frac{400}{950} \approx 0,420$  кг. дров. Расход бензина на рейс составляет 3-5 литр.

Во время работы газогенераторных тракторов "С-60" простоев по вине газогенераторов не было. Сам генератор "Д-8" давал устойчивую работу. К недостаткам генератора следует отнести быстрое прогорание чугунного топливника, изготовленного из чугуна. Необходимо топливник выполнять из жароупорных сплавов. Засмоление двигателя трактора "С-60" в процессе эксплуатации не наблюдалось, несмотря на то, что в начале января 1935г. газогенераторы работали на влажном топливе.

### Работа газогенераторного трактора "КОММУНАР 3-90" оборудованного газогенераторной установкой "СЛМ-1"

Испытания газогенератора "СЛМ-1" проводились на Урале инж. Кулябиним в условиях лесовывозки по снежно ледяной дороге на Ширококоренской тракторной базе Свердловского горлестоя в феврале - марте 1935г. Среднее расстояние вывозки составляло - 7,5 км. Испытания проводились на древесном угле влажностью 27,5%. На таком угле газ выходил из генератора с большим содержанием паров, двигатель работал с перебоями, не развивал достаточной мощности, в очистителе скапливалась вода до 15 см. высоты.

Трактор оборудован двумя шахтами, из которых происходит параллельный отсос газа, поэтому приходилось обслуживать 2 шахты, каждую загружать углем, разжигать по отдельности и пр. В обе шахты газогенераторной установки входило 50 кг. угля влажностью 10%, при удельном весе угля: елового - 115 кг/мет<sup>3</sup> и березового 172 кг/мет<sup>3</sup>. Объем каждой шахты - 0,148 куб/мет.

Первоначальный разжиг шахт производился самотягой, на что уходило в среднем 54 мин. далее разгоревшиеся шахты, подготовленные для образования генераторного газа, закрывались на все люки, через которые производился разжиг в течение 5 мин. двигатель переводился на генераторный газ. Всего требовалось 1 час на всю процедуру по переводу работы двигателя трактора "Коммунар 3-90" на генераторный газ.

Загрузка шахты углем, на которую тратилось от 6 до 20 мин., производилась периодически через 1 час, догружалась в среднем 20 кг. угля на 2 шахты.

За время проведения испытания в течение 76 часов, трактор вывез 400 куб. метр. древесины. Средняя скорость движения с грузом 3 саней - 51 куб. метр. (складочн.) равнялась 4 км/час при силе тяги 1500-1800 кг. Эффективная мощность трактора колебалась от 26 л.с. до 71 л.с., которая зависит от профиля дороги и степени влажности угля.

Расход топлива на 1 эффективную силу-час в среднем получен 0,71 кг. и бензина 0,027 кг. Стоимость силы-часа 3,55 коп. (уголь 2 коп. за 1 кг.). Выход газа из 1 кг. угля около 5 куб. метр. Уголь возили с собой в мешках.

Испытания показали плохое выполнение газогенераторной установки Пермским заводом "Коммунар", трудность обслуживания и ухода за установкой при наличии 2-х шахт

Газогенераторы имеют шамотную обмуровку, последняя при работе трактора расплавлялась и заливала шлаком колосниковую решетку, нарушая процесс газообразования

В 1934г. /февраль-июль/ НЦС треста "Свердлеса" организовал близ Надежчинска /Кабаконской лесной дачи/ треста "Востокстальлес" 2 действующих трелевочных точки, оборудованных 2-х барабанными

лебедками, приводимыми в действие от шкива газогенераторного трактора "Коммунар 50". В этом районе тракторы стояли около 2-х лет из-за отсутствия жидкого горючего.

Тракторы "Коммунар 50" были оборудованы НИС'ом "Свердлеса" углетными газогенераторами "СЛМ-1", причем на каждый трактор было смонтировано по 2 газогенератора, так что при работе машины возможно было работать, как одновременно на 2 шахтах /параллельный отсос газа/ или только от одной шахты. Степень сжатия двигателя тракторов "Коммунар 50" была несколько повышена /равнялась  $\xi = 4,35$ /, благодаря постановке новых цилиндров от двигателя трактора "Коммунар 90"

Газогенераторы "СЛМ-1" работали на угле. Расход угля в час составлял 16,4 кг /сырой уголь/ и 8,3-11,3 кг /сухой уголь/. Работа производилась как от одной шахты, так и от двух /нормальная работа/. При работе на 1 шахте двигатель работал более устойчиво, при 2-х шахтах требовалось давать двигателю большие обороты для форсирования отсасывания газа из 2-х шахт, при малых оборотах, вследствие слабого разрежения всасывания, газообразование в генераторах шло недостаточно интенсивно и двигатель давал перебои. За июль 1934г. было отрезано 1185 ф. мет. одним трактором при работе в 1 смену /в часе/ при обслуживании 5-ти рабочих и одного лебедочника. Поставка леса производилась на расстоянии от 50 до 150 мет. Производительность за 8 час. рабоч. день на один трактор составляла от 40 до 70 ф. мет., т.е. в среднем на 1 рабочего 7 ф. мет. Работа производилась при совершенно неопытных рабочих, вследствие чего двигатель был мало загружен из-за больших простоев, из-за разных неполадок как с лебедкой, троссами и друг. Время работы двигателя распределялось так:

Холостой ход двигателя	=	78,84%
Пляга бревен-трелевка	=	16,04%
Обратный ход тросса	=	5,12%
		<hr/>
		100,00%

т.е. полезная работа двигателя составляла 21,02%. Перебоев и простоев по вине газогенератора не наблюдалось. Нагрузка на рейс не превышала 2,86 ф. мет. и составляла в среднем за стелу 1,91 ф. мет., при средней скорости движения 0,57 м/сек., скорость в движении тросса при обратном ходе равнялась = 1,95 мет./сек. Продолжительность рейсов в среднем = 12 мин. 29 сек. распределялось следующим образом:

Холостой ход	=	10 м. 04 сек.
Пляга бревен	=	1 м. 45 сек.
Обрат. ход	=	0 м. 40 сек.
		<hr/>
		12 м. 29 сек.

Данные эксплуатации газогенераторов "СЛМ-1" на трелевке леса показывают, что они более выгодны и надежны в работе по сравнению с нефтяными двигателями

с нефтяными двигателями 12HP до этого применявшихся в "Восток-стальлесе", мощность которых оказывалась недостаточна для работы на трелевке с 2-х барабанными лебедками

### Себестоимость тракторной вывозки леса.

Данные о себестоимости вывозки 1 куб. мет. древесины для газогенераторных тракторных баз не имеется. Себестоимости вывозки леса существующих тракторных баз, работающих на жидком горючем, также весьма различны и в большинстве случаев нехарактерны для механизированной вывозки, вследствие того, что организация работ тракторных баз и эксплуатация тракторов до сего времени на местах производится неправильно и не рационально. Если взять тракторные лесовозные базы, где работа налажена, например Плесецкая база, там себестоимость вывозки леса весьма низкая, так по данным вывозки 1932-33г. себестоимость 1 куб. км. этой базы составляла в среднем около 17 коп. Здесь мы даем сравнительный ориентировочный расчет себестоимости вывозки леса при работе тракторов "Сталинец 60" на жидком горючем и при работе на дробяном топливе для одинаковых условий работы /одинаковый профиль дороги, одно и то же расстояние вывозки и друг./ Для определения ориентировочной себестоимости вывозки зададимся следующими данными, согласованными с практикой работ лесовозных тракторных баз и работой газогенераторных тракторов на Челмохотской базе за 50г.

1. Норму работы для лигроинового трактора "Сталинец 60" примем равной 4000 куб. км. за зимний сезон работы на одну тяговую лошади. На трактор "С-60" нагрузка составит за зимний сезон =  $4000 \times 50 = 200.000$  куб. км. При среднем расстоянии вывозки 12,5 км. трактор должен вывезти за зимний сезон  $\frac{200000}{12,5} = 16.000$  куб. метров.

Считаем, что газогенераторный трактор "Сталинец 60" должен вывезти за сезон количество древесины на 30% меньше, т.е.  $\frac{200.000 \cdot 0,7}{1} \approx 140.000$  куб. мет.

2. Профиль дороги считаем одинаковым как для лигроиновой машины, так и для газогенераторной. Средняя нагрузка на рейс трактора лигроинового примем в среднем 90 куб. мет. Плесецкая база в 1933/34г. нагрузку имела на рейс  $103 \text{ м}^3$ , в 1932/33г. -  $109 \text{ м}^3$ , в Лупьинская база "Севлеса" имела нагрузку на рейс в 33/34г. =  $92 \text{ м}^3$ . Для газогенераторного трактора "Сталинец 60" примем в среднем нагрузку на рейс 60 куб. мет. Челмохотская база в 1935г. возила газогенераторными тракторами "Сталинец 60" оборудованные дробяными газогенераторами Денкаленкова до 95-105 куб. мет. за рейс.

3. Скорость движения для лигроиновых "Сталинцев 60" по данным работ тракторных баз "Севлеса" составляет: ср. техническая скорость = 3,24 км/час (в Лупьинская база 33/34г.) до 4,0 км/час (Плесецкая база 33/34г.), а коммерческая скорость движения от 1,85 км/час (в Лу-

львинская база 33/34г.) до 2,8 км/час. (Плесецкая база 33/34г.). Для газогенераторных тракторов „Сталинец, 60“ технич. скорость движения с грузом составляет (По данным работ Челмохотской базы 35 год) = 3,2 - 3,8 км/час, коммерческая скорость движения составляет 1,1 - 1,3 км.час, т.е. скорости движения газогенераторных тракторов „Сталинец 60“ несколько меньше скоростей лигроиновых „Сталинец, 60“

4. Расход горючего для лигроиновых „Сталинцев 50“ составляет в среднем 110 до 200 грамм лигроина на кубокилом. Расход дров для газогенераторного трактора „Сталинец 60“ по данным Челмохотской базы составляет 45кг. в час или на кубо-килом = 420 грамм дров. Кроме того для газогенераторного трактора „Сталинец 60“ надо в смену 10 часов 5 литр. бензина или в сутки 10 литр. бензина.

Следовательно для лигроинового трактора „Сталинец 60“ необходимо на зимний сезон лигроина =  $200000 \text{ куб.килм.} \times \frac{(110 + 200)}{1000 \times 2} = 31000 \text{ кг.}$ , или 31 тонны.

Для газогенераторного трактора „С-60“ надо дров чурок на зимний сезон  $140.000 \times 0,420 = 60.000 \text{ кг.}$  или 60 тонны (130-150 куб. мет. сухих дровяных чурок) и бензина примем на сутки 10 кг. за сезон 100дн. будет 1000кг.

Расход масла „автотол“ примем 10% от жидкого горючего, т.е. 3 тонны на машину за зимний сезон. Стоимость лигроина и бензина учитывая доставку и амортизацию тары примем равным по 1р. 20 коп. за кг. Стоимость дров чурок 1,5 коп. за клгр. При механизированной заготовке стоимость дров будет значительно ниже.

5. Производительность трактора „С-60“, работающего на лигроине в сутки, при длительности зимнего сезона в 90 дней должна составить 180 куб. мет. (для выполнения норм „вывозки“). В действительности он сможет вывезти больше, а именно, работая 2 смены по 10 час., при среднем расстоянии вывозки 12 км и коммерческой скорости 2,4 км/час трактор сделает 2 рейса, тратя на пробег 12 км. время  $\frac{12}{2,4} = 5 \text{ час.}$ , т.к. за 2 смены трактор вывезет  $2 \times 100 = 200 \text{ куб. мет.}$  или в зимний сезон (100 дней) 20.000 куб. мет. (Плесецкая база в 1933/34г. вывезла на 1 трактор = 23000 куб. мет. при расстоянии вывозки 12,5 км.).

Газогенераторный трактор „Сталинец 60“, делая 2 рейса в сутки вывезет =  $60 \times 2 = 120 \text{ куб. мет.}$  За зимний сезон (90 дней) вывезет 11.000 куб. метр.

6. Стоимость лигроинового трактора „С-60“ 20000 руб. Срок амортизации примем одинаковой для обеих машин и равный в 10.000 часов, на практике еще не проверено сколько времени будет работать газогенераторный трактор „С-60“, мы считаем, что износ будет несколько больше поршней, остальные детали, например, коленчатый вал, подшипники будут изнашиваться меньше из-за меньшей мощности развиваемой двигателем на генераторном газе, благодаря чему будут меньше напряжения востановить в частях двигателя. Износ ходовой части газогенераторного

трактора будет такой же как и лигроинового. Стоимость амортизации лигроинового трактора „С-60“ на час работы составит 2 руб., а для газогенераторного 2р. 30к.

7. Штат базы и зарплата. Примем штат базы считая на 5шт. тракторов „С-60“. Количество человек, обслуживающих тракторную базу, значительно разнится от отдельных существующих баз. Например Челмохотская тракторная база в зимний сезон 1935г. имела штат постоянных и временных работников в 130 чел. В летнее время штат базы сокращается на 40-60%. Нам необходимо знать какая сумма необходима на содержание штата базы в год. Примем среднюю зарплату в месяц 1 чел. в 200 руб. Тогда годовая затрата на содержание работников базы будет составлять, считая что в мес. в году работает весь штат базы, а летом 50% штата, т.е.  $136 \times 200 \times 6 + 136 \times 200 \times 6 \times 0,5 = 244.800 \text{ руб.}$

Конечно работа тракторов должна производиться сдельно, здесь дана только весьма ориентировочная схематическая смета, не учитывающая сдельщины и др. расходов.

Годовая эксплуатационная ориентировочная схематическая смета тракторной базы, работающей на лигроине и газогенераторной базы, работающей на дровах и/или тракторов „С-60“

Наименование	Лигроиновая база					Газогенератор. база						
	бг. изм.	Коллич.	Цена в руб.	Сумма в руб.	Приход. на 1 м <sup>3</sup> лигр.	%	бг. изм.	Коллич.	Цена в руб.	Сумма в руб.	Приход. на 1 куб. м.	%
1. а/ горючее												
Лигроин	тонн	155	1200	186000	-	-	-	-	1200	6000	-	-
Бензин	"	10	1900	19.000	-	-	тонн	5	15	4500	-	-
Дрова-чурки	"	-	-	-	-	-	"	300	-	-	-	-
				178.000								
б/ Смазочн. масла												
автотол	тонн	15	600	9000	-	-	тонн	15	600	9000	-	-
тавол	"	3	1000	3000	-	-	-	3	1000	3000	-	-
Всего				190.000						22500		
2. Ремонт трактор												
Стоимость ремонта примем в 10% от стоимости трактора „С-60“	-	-	-	10.000	-	-	-	-	-	11500	-	-
3. Зарплата согласно п. 7 / стр. .... /	-	-	-	244800	-	-	-	-	-	244800	-	-
4. Начисл. на зарпл. 25%	-	-	-	61.000	-	-	-	-	-	61.000	-	-
5. Амортизац. тракт. и газогенераторов считаем для лигроиновых 2000 час., а для газогенерат = 25000 час	-	-	-	20.000	-	-	-	-	-	28.750	-	-
				525800	6,55	100				368550	6,70	100

Пять тракторов „Сталинец - 60“ вывезут  $16.000 \times 5 = 80.000 \text{ м}^3$  и сделают  $20.000 \times 5 = 1.000.000$  кубо-километ., а 5 шт. газогенераторных „сталинца 60“ вывезут за сезон  $11.000 \times 5 = 55.000 \text{ м}^3$  или  $140.000 \times 5 = 700.000$  куб. кило.

В приведенной эксплуатационной смете не учтены следующие расходы: амортизация зданий базы, ремонт самей и дорожных орудий, нет стоимости погрузки и разгрузки леса, очистки от снега и др. Все это является общим как для газогенераторных баз так и для лигроиновых и увеличивает себестоимость вывозки на 40-50%. Следовательно, тогда стоимость вывозки  $1 \text{ м}^3$  древесины составит для лигроиновой базы  $6р 55 \times 1,50 = 9р 84 \text{ к.}$ , а для газогенераторной базы  $6р 70 \times 1,50 = 10 \text{ руб. к.}$ , т.е. примерно себестоимость вывозки газогенераторными тракторами „С-60“ с газогенераторами Декаленкова одинакова, несмотря на меньшее количество перевезенного леса. Кроме того база экономит государству 160 тонн ценного жидкого топлива (лигроин и бензин). Если же газогенерные трактора вывезут столько, сколько лигроиновые, то в этом случае мы будем иметь большую экономию себестоимости вывозки. Содержание газогенераторной базы в год в нашем примере дешевле на  $(525.800 - 368.500) = 157.250$  руб. по сравнению с стоимостью содержания базы, работающей на жидком топливе.

# ГЛАВА VI.

## ОРГАНИЗАЦИЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ БАЗ.

Успешная работа базы зависит от налаживания монтажа газогенераторов на автомашины и тракторы, заготовки сухого топлива и др. Без выполнения этих работ база будет неработоспособна. На существующих базах значения газогенераторных машин сплошь и рядом не дооцениваются, что не давало должного эффекта на производительности газогенераторных машин. Исходя из полученных данных работ газогенераторных баз, нам представляется в следующем виде основные моменты работ по организации газогенераторных тракторных баз.

А) Заготовка топлива (дрова, уголь) - основная трудоемкая работа при организации газогенераторной базы. Дровяное топливо для газогенераторов, работающих на этом виде топлива, должно удовлетворять следующим техническим требованиям; иметь влажность относительную не выше 12-20%, размер кусков древесины в среднем должен быть от  $50 \times 40 \times 40 \text{ мм}$  и до  $100 \times 60 \times 60 \text{ мм}$ . Заготовка дров должна быть произведена летом, желательно из сухойстойной древесины.

Порода дерева практически мало влияет на работоспособность газогенератора, можно работать на любой породе дров, конечно, береза, дуб и друг. тяжелые древесные породы более портативны при эксплуатации, так как занимают меньший объем, нежели древесина мягких пород и более. В среднем за летний сезон необходимо заготовить на каждый газогенераторный трактор „Сталинец 60“  $\approx 170-200$  куб. метров. Древесины этого количества должно хватить на зимний сезон работы трактора. Так как заготавливаемая древесина имеет влажность выше 20%, то необходимо, после раздробления ее на куски, подсушить на солнце или построить специальную сушилку, в которой можно будет сушить дрова и в зимнее время. Если дрова-чурки заготовлены влажностью выше 20%, то на таком топливе газогенераторные машины будут работать с перебоями и мало эффективно вследствие большой потери мощности двигателя, что сорвет работу газогенераторной базы.

Заготовка топлива дров до сих пор времени производилась на базах кустарными методами, в лучшем случае применяли циркулярную пилу. Применение механической дробилки, подобно применяемой на лесопильных заводах, для дробления ржек, будет наилучшим выходом при массовой заготовке дровяных чурок. В Германии был произведен опыт по механической заготовке таких чурок мощностью станко-дробителя фирмы Бизгер (см. журнал №1 за 1934 г. „Die Technik m-der Landwirt“), который разрезает

древесину ножом в виде крупных стружек-обрезок. Древесина подается в загружаемое отверстие и оттуда поступает к резаку, и дробленые куски дерева выбрасываются в трубу.

Стоимость такой дробленой древесины обходится значительно ниже, нежели чем при обычной заготовке ручным способом. Данная машина производительностью 9 куб. метр. древесины в час, при потребной мощности на приведение ее в действие 13-15 л.с., обслуживается 1 чел. Размер дробленого дерева равен вдоль волокон 6-7 см, ширина 7-12 см, толщина от 0,5 см. до 3 см. По данным испытаний Института с.-х. машин высшей технической школы в Мянхене газобразование при работе на таком топливе происходит удовлетворительно. Образование пустот и сводов в газогенераторе не наблюдалось. Дробленые, таким образом дрова более легко распадаются, образуя мелкий уголь, плотное залегание которого способствует большому образованию угарного газа ( $CO$ ) и водорода ( $H_2$ ).

Таблица показывает состав полученного газа при газификации пиленых дров и дробленых.

	$CO$ Окись угле- рода	$H_2$ водо- род	$CH_4$ ме- тан	$CO_2$ угле- кисл. газ	$O_2$ кисло- род	$N_2$ Азот	Нижшая тепло- творная спо- собность кал/м <sup>3</sup>
Пиленые	19,2%	14,6	3,25	12,9	-	50,1%	1235
Дробленые	22,0	16,5	1,4%	13,0	-	47,1%	1214

При газификации дробленого топлива снижается процент содержания в генераторном газе метана ( $CH_4$ ), наблюдается большее количество угольной пыли в газе, поэтому практически приходится более часто производить чистку газогенератора и очистителей.

Дробленое дерево гораздо скорее высушивается, чем пиленое, вследствие наличия большей поверхности.

Мощность мотора, работающего на генераторном газе, полученном из пиленных чурок, практически равна мощности при работе мотора на газе, полученном из дробленых чурок.

Потери древесины при дроблении нет, тогда, как при пилении потери имеются в виде опилок. Розжиг газогенератора требует время одно и то же, около 5 мин., как и при пиленных чурках. Вес 1 куб. метра дробленого топлива на 12-20% меньше, чем пиленого, так твердые породы дерева (бук) имеют вес 1 м<sup>3</sup> при 17% влажности, для пиленого (размер кусков 5 см. x 4 x 5 см.) - 290 кг/м<sup>3</sup> и для дробленого - 265 кг/м<sup>3</sup>.

Последнее объясняется неправильностью формы дробленых кусков, отчего получается больше пустот, чем при пиленных дровах.

Данный опыт показывает полную возможность использовать дробилки для механизации заготовки газогенераторного дровяного топлива, поэтому следует на базе испробовать дробилки. Заготовку угля для угольных газогенераторов, желательнее производить из мелкой древесины, (сучки, ветви и друг.) в обычных угольных ямах, причем желательнее уголь не дожигать полностью. При обжиге тонны дров выжого дровяного угля составляет 200 кг. Уголь для работы газогенераторов должен быть влажностью не более 30%.

Брикеты угольные представляют из себя прессованный угольный порошок, замешанный на различных цементирующих веществах, например смола и друг., связывающие отдельные мелкие частицы угля в одну массу. Угольные брикеты обладают большим удельным весом, достигающим 1,1-1,2. Угольные брикеты выгодно готовить в районах с большим развитым промыслом углежжения. При углежжении потеря угля из-за большого количества мелочи и угольной пыли, так называемая потеря, составляет 30-35% от общего количества выжига. Эту потерю с успехом можно применить для брикетирования.

Благодаря большей плотности древесно-угольных брикетов гидроскопичность их составляет незначительную величину, процент влажности равен 2-4%. Брикетное топливо выгодно будет применять для газогенераторных авто-машин, в городских условиях работ, для машин тракторов, работающих на лесозаготовках, брикетное топливо мало дает экономических выгод, там целесообразнее применять древесину и древесный уголь для питания газогенераторных авто-машин и тракторов.

Заготовленное сухое топливо должно сохраняться от воздействия сырости и дождей; для этого необходимо построить навесы, имеющие пол и простейшие вентиляционные устройства. Заготовленное топливо необходимо распределить по трассе дороги (тракторной) на промежуточные склады на расстоянии 5-7 км., с таким расчетом, чтобы загрузка газогенератора топливом производилась по пути следования трактора на каждом складе, без остановки двигателя.

Соответственно с этим необходимо графики движения тракторов переработать, учесть остановки при загрузке газогенератора, время розжига и пуска двигателя на генераторный газ и друг.

Для автомобильных газогенераторных баз необходимо топливо (дрова или уголь) помещать также в специальных сараях, расположенных при базе и на конечном погрузочном катке, более целесообразно сосредоточить склады дровяного топлива при базе. Авто-машина в среднем на рейс тратит 2-3 часа, поэтому на этот



Из данных таблиц видно, что ежедневная экономия на топливе на трактора составляет от 300 до 500 руб., в зависимости от количества часов работы, а на автомашинны от 80 руб. до 100 руб.

Конечно при эксплуатации газогенераторных машин много факторов будет влиять на себестоимость вывозки, в частности стоимость амортизации машин будет выше, вследствие вообщего износа двигателей, но в итоге стоимость вывозки все же должна быть ниже, чем при вывозке на жидком горючем. Практических данных себестоимости вывозки газогенераторными машинами мы до сего времени не имеем. Эти данные можно будет получить только после длительной эксплуатации газогенераторных лесовозных баз.

# ГЛАВА VII

## ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ОХРАНА ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ЛЕСОВОЗНЫХ БАЗ.

Противопожарные меры. При эксплуатации газогенераторных машин и тракторов имеется наличие пожарной опасности, которую необходимо предотвратить. Хотя в практике работ газогенераторных машин не было случая возникновения огня на машине или появления пожара по вине газогенераторов, тем не менее необходимо себя застраховать всякими мерами, препятствующими возникновению огня. Особенно "боятся" газогенераторных машин пожарники, видя как газогенератор испускает газы, пары и др. в неработающем состоянии, хотя и является совершенно безопасным в пожарном отношении в этот момент.

Работающий генератор совершенно не дает никакого дыма, но в пожарном отношении является более опасным т.к. имеет высокую температуру горения топлива (+1200°С) и нагретые некоторые части (газосасывающая труба, первый очиститель и др.), поэтому если каким-либо образом попадет на эти нагретые части бензин, то произойдет воспламенение его. Каждая авто-машина и трактор должны иметь незмерзающий огнетушитель типа "Майфун" или друг., который всегда надо возить с собой. Гаражи для тракторов и авто-машин должны также иметь огнетушители и песок в ящиках. Печи гаражей должны устраиваться с толкой с внешней стороны гаража. На топливных складах желательно иметь специального пожарного сторожа, несколько огнетушителей и поблизости водяной пожарный насос [хотя бы ручной]. Особенно жестко необходимо преследовать за курение в гараже и на складах топлива.

По окончании работы газогенераторной машины или трактора приезде в гараж необходимо заглушить двигатель, закрыть все отверстия газогенератора, например для входа первичного воздуха, смотровые люки и т.д. Некоторое время генератор будет выделять дым и пары [в течение 20-30 мин.], но в это время горение топлива прекращается, хотя раскаленный уголь в топливнике может сохраняться в течение суток для газогенератора большой мощности и имеющую тепловою изоляцию топливника.

Меры против отравления газогенераторным газом. Генераторный газ содержит почти 1/5 часть угарного газа, сильно ядовитого для человеческого организма, поэтому при работе на генераторных машинах и тракторах, особенно во время заводки двигателя, в помещении необходимо применять особую осторожность обслуживающему персоналу, стараясь избегать вдыхать генераторный газ, например, время загрузки топлива в генератор. Часть паров топлива вместе с газом выходит наружу, отравляя

рабочего загружающего бункер генератора. Обычно рабочий загружает генератор топливом на ходу авто-машины не останавливая машину, и на это требуется 1-2 мин., отравление генераторным газом за этот период времени получить нельзя, тем более, что рабочий стоит в стороне от „стола“, выделяемых из генератора газов. Генераторный газ совершенно не попадает в кабину или к водителю месту шофера и тракториста, удерживать во время работы генератора на воздухе невозможно. Некоторые авто-машины имели смесители, поставленные в кабину шофера, во время перегрузки двигателя генераторный газ выбивается через отверстие смесителя, попадая в кабину и отравляет сидящих в ней, вызывая рвоту и головную боль. Смесители газа газогенераторных машин необходимо ставить дальше от сидения водителя, и ни в коем случае нельзя их ставить в кабине. При въезде в гараж газогенератор (если двигатель остановлен) выделяет ядовитые газы и пары, отравляя воздух. Для отвода этих газов гаражи для газогенераторных машин должны иметь специальные вентиляционные конуса, расположенные над генераторами, с тем расчетом, чтобы все газы вытягивались в атмосферу. На каждую машину или трактор надо в гараже сделать отводные конуса наподобие применяемых в кузницах.



Меры безопасности при обслуживании газогенераторов. Помимо пожарной опасности

и возможности отравления генераторным газом имеется еще одна опасность при обслуживании газогенератора - это возможность получения ожогов. При работе с газогенератором, особенно при обслуживании газогенераторного трактора „Сталинец 60“, по рассеянности или невнимательности тракториста и рабочих при загрузке генератора топливом, шуровке дров и др., возможны случаи ожога частей тела о нижнюю часть генератора, отводную газовую трубу и первый очиститель. Надо все эти горячие части ограждать специальной решеткой. В автомашинах эти части находятся под кузовом и являются безопасными в отношении получения ожогов или подпаления одежды.

На тракторе „Сталинец 60“ генератор смонтирован с левой стороны, который сильно излучает теплоту, вызывая перегрев левой стороны тракториста, что может вызвать простуду, особенно в холодное время года. Для устранения этого недостатка желательно поставить железно-асбестовую перегородку между водителем и генератором, который можно было бы регулировать степень излучения теплоты для согревания тракториста.

Во время движения трактора ни в коем случае нельзя разрешать загрузку топлива в бункер генератора, во избежание несчастного случая. При загрузке топлива в генератор необходимо трактор остановить не заглохая двигатель и загрузить необходимое количество дров или угля. Трактористам, работающим на угольном топливе, имеющим много угольной пыли, возможно придется одевать на нос специальные противогазы наподобие применяемых при мельничном производстве, для предохранения от попадания угольной пыли в легкие. Также желательно иметь эти „противогазы“ для рабочих, работающих при очистке „генератора“ и очистителей от угольной мелочи и сажи.