

НКМН — УССР  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТОРФЯНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ „УКРИНСТОРФ“

---

Я  $\frac{220}{100}$

# ИТОГИ РАБОТ УКРИНСТОРФА

№ 5

март

КИЕВ

Издание Укринсторфа

1938 г.

НКМП — УССР  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ТОРФЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ „УКРИНСТОРФ“  
СЕКТОР ГАЗИФИКАЦИИ И ХИМИИ

Доц. М. В. КАНТОРОВ, инж. В. П. ДЖУВАГО,  
инж. Е. М. ВИТАЛЬЕВА

9 220  
100

ГАЗОГЕНЕРАТОРНАЯ  
СИЛОВАЯ УСТАНОВКА  
ТРАНСПОРТНОГО ТИПА  
НА  
ВОЗДУШНО-СУХОМ ТОРФЕ

КИЕВ

ИЗДАНИЕ УКРИНСТОРФА

1938

Отв. редактор И. С. Гладышев

Тех. редактор В. А. Викторов



38.89300

Київ. Обліг № 281. Замов. № 62. Здано на виробництво 21/I 1938 р. Підписано до друку 17/IV 1938 р. Тираж 300.

2 полігр афшкола ФЗУ. Київ, Золотоворітська № 11.



2017070408



## ВВЕДЕНИЕ

Постановление СНК СССР от 1-го марта 1938 года „О производстве газогенераторных автомобилей, тракторов и других видов транспортных машин“ со всей остротой ставит перед научно-исследовательскими, проектными и хозяйственными организациями вопрос о создании и освоении газогенераторных транспортных машин на новых видах твердого топлива, в том числе и торфе.

Известно, какое большое народно-хозяйственное и оборонное значение имеет для страны замена светлых жидких топлив (бензин, лигроин, керосин) местным дешевым торфом. В первую очередь это касается самой торфяной промышленности. Механизация процессов добычи и сушки торфа, наряду с электрификацией торфоразработок, вызывает появление на торфоразработках целого ряда двигателей внутреннего сгорания транспортного типа к агрегатам по экскавации, стилке и розливу торфа, формовке (формующие гусеницы), сушке, уборке кускового и фрезерного торфа и, наконец, транспорту торфа (тракторные поезда-тягачи).

Необходимое для этих двигателей светлое жидкое топливо и дефицитно, и дорого. Бесперебойное снабжение им торфоразработок весьма затруднительно. Интересы торфяной промышленности и народного хозяйства в целом требуют перевода этих двигателей на свое, торфяное топливо, по примеру лесной промышленности, переведшей значительную часть своего тракторного парка на древесное топливо. Промышленность, сама добывающая топливо, не должна быть связана с завозом другого, далеко-привозного топлива, особенно если этим последним являются столь необходимые стране и для нужд экспорта виды горючего.

Наряду с торфяной промышленностью, газогенераторные транспортные машины на кусковом торфе имеют крупное значение и для целого ряда отраслей народного хозяйства (сельское хозяйство, водный транспорт, дорожное дело и др.), поскольку торф имеет широкое распространение в Советском Союзе.

Перевод на местное топливо—торф, имеет значение не только с точки зрения сокращения потребления дефицитного горючего, но и для освобождения от лишних перевозок железнодорожного транспорта и устранения дорогого транспортирования от станции

назначения до места потребления, с точки зрения хозяйственной экономики и т. п.

За последние годы советская техника сделала в транспортном газогенераторном деле значительный шаг вперед. Переломным моментом в этом отношении явилось специальное постановление СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 19 января 1935 г. по вопросу производства и внедрения газогенераторных установок. В настоящее время выпущено много тысяч газогенераторных машин, работающих в лесной промышленности, водном транспорте (газогенераторные суда) и других отраслях народного хозяйства. Все эти транспортные установки (грузомашины, трактора, специальные подвижные установки) работают пока что на древесных чурках и древесном угле, но не подлежит сомнению, что и другие виды топлив, и, в первую очередь торф, могут быть также с успехом использованы для этих целей.

Каково положение с применением торфа в транспортных газогенераторных установках?

Здесь, прежде всего, необходимо остановиться на видах торфяного топлива, могущих найти себе применение в этих установках. Это — торфяной кокс, торфяные брикеты и воздушно-сухой торф. Применение первых двух видов торфяного топлива, конечно проще, так как они представляют собой облагороженное топливо с повышенной теплотворной способностью, с малой влажностью, а торфяной кокс, к тому же, является продуктом обезбитуминированным. Это дает возможность применять торфяной кокс, подобно древесному углю, в транспортных газогенераторах прямого процесса.

Опыты по применению торфяного кокса в транспортных установках проводились Инсторфом и ВНИДИ (Всесоюзный научно-исследовательский дизельный институт) и, по их данным, торфяной кокс себя вполне оправдал. В 1936 г. аналогичные исследования проводил Научный автотракторный институт в Москве. Последние опыты хотя и дали положительные результаты, но в исчерпывающем объеме проведены не были, и не могли поэтому дать окончательных данных, необходимых для сооружения газогенераторной установки на торфяном коксе. Между тем литературные данные свидетельствуют о наличии за границей нескольких конструкций транспортных газогенераторных установок на торфяном коксе.

Торфяной кокс у нас в СССР имеет несомненные перспективы для применения в грузовом автотранспорте на автострадах, поскольку последние примыкают к районам расположения торфяных массивов.

Однако, в настоящее время производство торфяного кокса имеется пока что на одном лишь заводе в Калининской области, вырабатывающем 16 тысяч тонн кокса в год. Поэтому применение торфяного кокса пока что сильно ограничено. Местное значение по тем же причинам может иметь и применение для этих

целей торфяных брикетов. Имеется один Орехово-Зуевский завод с производством 24 тысяч тонн торфобрикетов в год.

Значительно больший интерес представляет собой вопрос применения в силовых установках транспортного типа воздушно-сухого торфа. В этом случае работа транспортных газогенераторных установок на торфяном топливе ничем не ограничивается. В экономическом отношении воздушно-сухой торф безусловно доступнее, поскольку он значительно дешевле и торфобрикетов, и торфяного кокса в особенности. Таким образом, хотя задача применения воздушно-сухого торфа в транспортных газогенераторных установках и более трудная, но за то она, несомненно, и более благодарная и может быть немедленно реализована.

В направлении применения воздушно-сухого торфа для транспортных установок пока что сделано даже меньше, чем в отношении торфяного кокса.

В 1931 г. производились опыты по применению воздушно-сухого торфа для транспортных установок Всесоюзным институтом сельско-хозяйственного машиностроения (ВИСХОМ). В 1933 г. в марте—августе были проведены опыты газификации кускового торфа в газогенераторе НАТИ-З. И те, и другие опыты производились в установках для древесного топлива и выявили ряд отрицательных фактов, связанных с применением торфа в газогенераторах транспортного типа. Недостаток этих работ в том, что они производились не систематически, а от случая к случаю, и ограничивались испытанием в непригодных конструкциях газогенераторов.

В настоящее время работы в этом направлении ведутся рядом организаций (Всесоюзный институт механизации торфа, Академия Наук БССР и другие), но отсутствие опубликованных данных о результатах их работы свидетельствует, очевидно, о том, что ощутимых положительных результатов в этом направлении ими пока еще не получено, ряд же других организаций (Московский торфяной институт и другие) лишь в текущем году приступает к этим работам.

В связи с этим, в свете последнего постановления СНК СССР от 1-го марта 1938 года, большое значение приобретают работы, проведенные в этом направлении Укринсторфом, так как уже полученные результаты свидетельствуют о том, что задача эта может считаться уже теперь практически решенной и что остающиеся к разрешению в этом направлении вопросы имеют не принципиальный, а лишь второстепенный технический характер.

Следует отметить, что удовлетворительные результаты получены Укринсторфом на торфе низинном, ухудшенных качеств и, следовательно, тем более возможно использование качественных торфов как УССР, так и РСФСР. Положительные результаты, полученные в этом направлении Укринсторфом, явились следствием максимального учета специфических особенностей

торфа, как топлива для подобного типа установок, так и последних достижений транспортного газогенераторостроения.

Разработав, осуществив и испытал газогенераторную установку на воздушно-сухом торфе для баггера, Укринсторф проверил основные принципиальные вопросы, связанные с созданием любой газогенераторной установки на воздушно-сухом торфе и долженствующие лечь в основу проектирования чисто транспортной установки на торфе. Это позволяет Укринсторфу, наряду с довершением работ по освоению газогенераторной установки для баггера, вплотную подойти к задаче создания торфяного газогенераторного трактора, могущего найти себе широкое применение в разнообразных областях народного хозяйства.

Настоящая работа составлена на базе тематической работы, проведенной сектором газификации и химии Укринсторфа в 1937 году „Торфяная газогенераторная установка для баггера“, в которой принимали участие доц. *М. В. Канторов* (общее руководство, принципиальное проектирование, испытания), инж. *В. П. Джуваго* (принципиальное и рабочее проектирование, испытания) и инж. *Е. М. Витальева* (технические расчеты, испытания).

Роль отдельных авторов в настоящей работе следующая: инж. *Е. М. Витальевой* выполнена расчетная часть (стр. стр. 23—34, 39—45, 49—50), инж. *В. П. Джуваго* (соавторство в главе II, стр. 12—17). Остальная часть выполнена доц. *М. В. Канторовым*.

## ГЛАВА I

### ТОРФЯНАЯ ГАЗОГЕНЕРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ БАГГЕРА

#### 1. Потребная мощность и двигатель для баггера

Вопрос о проектировании и осуществлении транспортной газогенераторной установки на кусковом торфе возник в торфяных организациях и Наркомате Местной Промышленности УССР в связи с внедрением баггерсв. Последние являются основным механизмом, механизмирующим наиболее трудоемкие процессы торфяного производства—экскавацию, а в дальнейшем—и стилку торфа. Баггер отличается большой грузоподъемностью и требует для себя значительной мощности. При проектной производительности баггера в 160 м<sup>3</sup> торфа сырца в час требуется мощность в 90 л. с.

Однако, при наличии транспортера Инсторфа и прессов системы Рогова производительностью около 70 м<sup>3</sup>/ч. требуемая мощность значительно меньше и, по данным испытаний Уральского управления палаты мер и весов, произведенных в августе 1934 г., мощность для такой производительности равняется около 65 л. с. Указанная мощность относится к работе баггера по экскавации торфа-сырца такой характеристики: торф осоковый, влажность залежи—86,1%, степень разложения—30%. Вследствие наличия пней и слоя мерзлоты толщиной в 10—15 см. вышеприведенная мощность несколько завышена. Учитывая характеристику торфов УССР, а именно—торф низинный, со степенью разложения 40%, с влажностью торфа-сырца в 83—86%, при отсутствии пней и при наличии незначительных местного характера прослоек,—можно сделать заключение, что потребная мощность для экскавации торфа до 4,0 м., при производительности его до 70 м<sup>3</sup> торфа-сырца в час, будет порядка 50—60 л. с.

Баггера в настоящее время выпускаются с электродвигателями, между тем ни одна из торфоразработок УССР не электрифицирована в достаточной степени, и потому проблема механизации торфодобычи, по существу, упиралась в вопрос изыскания другого двигателя достаточной мощности. До выпуска Людиновским заводом локомобиля СВ-70, применявшиеся на торфоразработках локомобиля не имели достаточной мощности для

обслуживания баггера, с выпуском же СВ-70 локомобиль такой мощности оказался в наличии, но, вместе с тем, возникла необходимость в проверке в производственных условиях возможности его применения на баггере. В связи с этим возник вопрос об установке на баггере двигателя внутреннего сгорания, а впоследствии, и газогенераторной установки на кусковом торфе\*). Двигателем внутреннего сгорания для установки был взят „Коммунар“ 90 л. с., как наиболее мощный.

При переводе двигателя на торфяной газ будет иметь место падение мощности, выражающееся, в зависимости от степени сжатия двигателя и влажности торфа, в таких цифрах:

Таблица № 1

Исходная влажность торфа в %%	30	30	30	15	15	15
Степень сжатия двигателя $\Sigma$	4,35	6,0	7,0	4,35	6,0	7,0
Эффективная мощность двигателя в л. с.	50,3	60,3	65,0	52,8	63,0	68,0
Потеря мощности в %%	44,2	33,0	27,8	41,3	30,0	24,4

Как видно из приведенной таблицы, чтобы обеспечить полностью необходимую для баггера мощность при работе его на торфяном газе, необходимо повысить степень сжатия его с 4,35 (на бензине) до 6,0—7,0.

Однако, повышение степени сжатия в двигателе „Коммунар“ не рекомендуется по таким причинам:

1) Изменение степени сжатия в двигателе „Коммунар“ связано с большими затруднениями, так как цилиндр и головка его выполнены в одной отливке.

2) Трудность запуска двигателя при увеличении степени сжатия и усиленный его износ при наличии и без того малой прочности, а также и „капризов“ пускового механизма для двигателя „Коммунар“.

3) Вследствие устарелости двигателя „Коммунар“, снятия его с производства и, в связи с этим, крайней затруднительности в снабжении запасными частями.

Исходя из этого, решено степень сжатия в двигателе „Коммунар“ не изменять, а впредь до приобретения газового двигателя, повышения мощности двигателя достигать за счет присадки к газу керосина. Имеется также возможность повысить калорийность торфяного газа путем использования в газогенераторе отбросов отработанных смазочных масел. Вводя последние в зону восстанов-

\*) Излишне указывать, что значение газогенераторной установки на кусковом торфе далеко выходит за рамки данного конкретного объекта и что торфяная силовая установка может быть использована и на другом агрегате.

ления газогенератора можно получать обогащенный газ (торфяной динагаз).

Основной задачей в проблеме перевода тракторных двигателей на торфяной газ, в частности и для баггера, является, конечно, получение работоспособной газогенераторной установки на торфе. Вопрос о двигателе и его переводе на газ является второстепенным. Это тем более верно, что уже в настоящее время (а в ближайшей перспективе — тем более) вопрос о конвертировании двигателя с одного вида топлива на другой разрешается вполне удовлетворительно. За основу берется дизельный двигатель, как имеющий максимальный запас прочности. Путем замены некоторых деталей этот двигатель превращается в газогенераторный, он же может быть превращен и в карбюраторный. Таковым является у нас двигатель Коджу-Нати 110-НР, который, путем установки к нему головки распределительного тока взамен топливного насоса, превращается в газогенераторный двигатель 90-НР.

Этот же двигатель, путем замены головки, может быть превращен в бензиновый двигатель мощностью в 150-НР. Двигатель „Коджу“ выпускается автозаводом им. Сталина в Москве. По этому же принципу построен и выпускается в серийном порядке Челябинским тракторным заводом дизель М-17 мощностью в 75 л. с., по своей мощности не уступающий лучшим образцам зарубежных дизельных двигателей (катерпиллер). По опытам НАТИ, двигатель М-17 развивает на газе 70-75 л. с.

Как видно из вышеизложенного, хотя двигатель „Коммунар“ по своим технологическим показателям и особенностям в отношении перевода на газ не вполне удовлетворяет техническим требованиям, вопрос о двигателе торфяной газогенераторной установки для баггера уже в настоящее время может получить вполне удовлетворительное решение с приобретением хотя бы двигателя МГ-17.

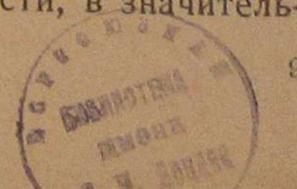
## 2. Баггер, как объект для газификации

Баггер, как объект для обслуживания от газогенераторной установки на кусковом торфе, имеет следующие особенности по сравнению с чисто транспортными машинами (трактор, автомобиль):

1. Грузоподъемность и габаритные размеры рамы баггера — большие. Это позволяет сравнительно легко разместить газогенераторную установку и двигатель на баггере, с обеспечением необходимого удобства обслуживания.

2. Баггер по роду своей работы передвигается очень медленно, со скоростью около 10—17 м/час. Это облегчает условия подачи топлива, загрузки газогенератора и чистки его.

3. Работа баггера на торфоразработке, по аналогии с работой газогенераторных машин в лесной промышленности, в значитель-



ной мере облегчает условия подбора, подготовки и хранения топлива.

К осложняющим факторам нужно отнести такие:

1. Трудности в обеспечении охлаждения газа (отсутствие чистой воды, ухудшенное воздушное охлаждение из-за незначительного передвижения, работа в летний период).

2. Неравномерность работы в смысле затраты энергии в отдельные периоды.

Все эти моменты учтены при проектировании и отразились в размерах, габаритах, производительности и схеме очистки установки.

### 3. Экономика торфяной газогенераторной силовой установки для баггера

В отношении экономичности торфяной газогенераторной установки на кусковом торфе, по сравнению с другими двигателями, следует отметить, что хотя целесообразность перехода с жидкого топлива на местное не определяется одной лишь себестоимостью, но и такое сравнение экономического порядка представляет интерес.

Подсчет эксплуатационных затрат по двигателю „Коммунар“, работающему на лигроине, по торфяной газогенераторной установке, работающей при том же двигателе „Коммунар“, и по локомотиву СВ-70, исходя из 8 часовой рабочей смены на торфоразработке, дает следующую сравнительную таблицу:

Таблица № 2  
Сравнительная таблица эксплуатационных затрат

Статьи расхода	Двигатель „Коммунар“ на лигроине		Торфяная газогенераторная установка с двигателем „Коммунар“		Локомотив СВ-70	
	Руб.—коп	В % к итогу	Руб.—коп	В процент. к итогу	Руб.—коп	В % к итогу
Заработная плата . . . . .	19—12	8,5	30—77	29,9	24—60	22,9
Начисления на зарплату . . . . .	1—55	0,7	2—48	2,4	1—99	1,8
Горючее и топливо . . . . .	162—00	72,0	13—91*)	13,6	33—12	30,8
Вспомогательные материалы . . . . .	15—00	6,7	15—00	14,7	18—00	16,8
Амортизация . . . . .	12—00	5,4	18—00	17,5	12—25	11,4
Текущий ремонт . . . . .	15—00	6,7	22—50	21,9	17—50	16,3
Всего . . . . .	224—67	100,0	102,66	100,0	107,47	100,0

\*) В вышеприведенных расчетах не принят во внимание из-за отсутствия данных перерасход при газогенераторном двигателе на пусковое топливо, так как оно требуется не только на разогрев двигателя, но и на перевод его на генераторный газ. Но при работе на газе падают расходы на смазку. Считаем, что перерасход пускового горючего и экономия смазки нивелируют друг друга и потому оставляем их без изменения.

Как видно из приведенного сопоставления, наиболее дешевым в эксплуатации двигателем оказывается торфяная газогенераторная установка, близок к ней по эксплуатационным затратам локомотив СВ-70. Наиболее дорогим оказывается двигатель „Коммунар“ при работе на лигроине. Стоимость содержания двигателей на одну тонну добываемого торфа (исходя из добычи в смену 60 тонн торфа) составляет:

При работе силовой газогенераторной установки на кусковом торфе . . . . . 1 р. 71 к. — 100%  
Тоже—локомотива СВ-70 . . . . . 1 р. 79 к. — 105%  
Тоже—двигателя „Коммунар“ на лигроине 3 р. 75 к. — 220%

Как видно из вышеприведенных данных, применение двигателя внутреннего сгорания на жидком топливе, помимо отмеченных уже неудобств, повышает стоимость добываемого торфа, по сравнению с работой двигателей на местном топливе, в среднем на 2 руб. на тонну, что составляет около 15% к себестоимости торфа на торфоразработке.

Большая экономичность силовой газогенераторной установки на кусковом торфе вытекает из двух основных факторов: 1) работа на дешевом местном топливе и 2) высокий коэффициент полезного действия (по сравнению с локомотивом). Обслуживание ее, текущий ремонт и амортизация несколько выше, чем при локомотиве СВ-70 и „Коммунар“, в частности—за счет требуемой подготовки торфа (разделка на куски размером 60—70 мм). В целом же газогенераторная установка оказывается наиболее дешевой в эксплуатации.

Стоимость капитальных затрат по каждому из двигателей следующая:

Двигатель „Коммунар“ . . . . . 15.000 руб.  
Локомотив СВ-70 . . . . . 17.500 руб.  
Торфяная газогенераторная установка с двигателем „Коммунар“ . . . . . 22.500 руб.

Торфяная газогенераторная установка дороже двигателя „Коммунар“ на сумму стоимости собственно газогенераторной установки, оцениваемой при серийном выпуске в 7500 руб.

Расход топлива по каждому из двигателей виден из таблицы № 3:

Наибольшее количества топлива требует локомотив СВ-70, как имеющий наименьший к. п. д.; меньше всего топлива в калориях требует двигатель „Коммунар“. Более низкий к. п. д. топлива для торфяной газогенераторной установки, по сравнению с двигателем „Коммунар“, объясняется дополнительными потерями тепла, возникающими при превращении кускового торфа в газообразное горючее.

Расход топлива за 8 часовую смену в кг.

Топливо	Двигатель „Коммунар“	Торфяная газо- генераторная установка с двигателем „Коммунар“	Локомотив СВ-70
Торф . . . . .	—	840	2000
Лигроин . . . . .	180	—	—
В переводе на условное топ- ливо в кг*) . . . . .	270	336	800

Сравнивая транспортную газогенераторную установку на кусковом торфе с локомотивом, нельзя не отметить и тот факт, что первая оказывается значительно более легкой по сравнению с локомотивом (2—3 тонны против 7—10 тонн мертвого веса), что также занимает не последнее место в возможности нормальной работы баггера (прочность и долговечность рамы, усадка шпал при передвижке и т. д.).

## ГЛАВА II

ИСПЫТАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ УСТАНОВКИ „МОССУДОВЕРФЬ“  
НА КУСКОВОМ ТОРФЕ

## 1. Цель испытаний

В виду полного отсутствия данных как в СССР, так и за границей о работе газогенераторов легкого типа на кусковом торфе и отсутствия, таким образом, необходимых отправных данных для проектирования газогенераторной установки на кусковом торфе, сектором газификации Укринсторфа произведены были специальные испытания газификации торфа на древесной газогенераторной установке.

Учитывая особенности нашей газогенераторной установки в отношении габаритов, производительности и характера процесса, в качестве объекта для проведения экспериментов был выбран древесный газогенератор конструкции „Моссудверфь“, работавший на двигателе ЧТЗ-60. Испытания были проведены на судостроительном заводе им. Сталина в Киеве.

Испытуемая установка состояла из газогенератора конструкции „Моссудверфь“ с обратным процессом газификации и непод-

\*) Условный переводной коэффициент для торфа принят 0,4, для лигроина — 1,5

вижной колосниковой решеткой, мокрого очистителя эжекционно-диффузорного типа, сухого очистителя с коксом и стружками и тракторного двигателя ЧТЗ мощностью в 60 л. с. (на бензине), конвертированного на газ путем среза головки и увеличения, таким образом, степени сжатия до 7. Было произведено три основных испытания: первое — в стационарных условиях на стенде, при работе на сосновых чурках; второе — то же, при работе на торфе; третье — на катере, при работе на том же торфе. Испытание первое было произведено на чурках (сравнительное), второе на стенде, на торфе, с тормозом, и третье — при работе мотора в обычных производственных условиях на катере, на торфу.

## 2. Данные испытаний

Основные наблюдения и подсчитанные данные трех испытаний приведены ниже в таблицах.

Работа газогенератора в первом испытании проводилась на сосновых чурках нормальной влажности, во втором и третьем испытаниях — на кусковом торфе естественной воздушно-сухой сушки. Торф был доставлен с Кодрянской торфоразработки. Торф низинный, гипново-осоковый, средней степени разложения. Перед загрузкой в газогенератор он измельчался в куски величиной в 5—6 см. Газогенератор во всех трех испытаниях разжигался древесным углем через зольниковые дверки. Розжиг проводился естественной тягой, на что потребовалось значительное время (около 2-х часов для розжига). Топливо забрасывалось сверху корзинами. Шуровка газогенератора производилась периодически, в среднем через один час; при торфе шуровки были чаще, особенно в конце испытания. Потребность в частых шуровках объясняется особенностями конструкции газогенератора, вследствие чего имело место зависание топлива при переходе его из бункера в топливник.

Основные данные, характеризующие произведенные испытания, приведены в таблице № 4.

Как видно из этой таблицы, общие показатели работы газогенераторной установки нельзя считать удовлетворительными — газ отличался высоким содержанием углекислоты и малым содержанием окиси углерода, а также имел низкую теплотворную способность (порядка—900 кал/м<sup>3</sup> против 1200 кал/м<sup>3</sup> нормальных). Невысоким нужно считать и напряжение зеркала горения, что объясняется работой установки, в основном, на холостом ходу.

Режим газогенераторной установки характеризуется таблицей № 5.

Температуры газа после газогенератора — высокие, порядка 450—600°; при работе под нагрузкой и, следовательно, при более интенсивной работе газогенератора, они несколько выше. Торфяной газ отличался более высокой температурой, чем газ из чурок. Температура газа перед двигателем была в норме, особенно в третьем испытании.

Таблица № 4.

№ п/п	Показатели	Единица измерения	1-ое испытание	2-ое испытание	3-е испытание
			древ. чурки	торф	торф
1.	Продолжительность испытания . . . . .	час. мин.	6 ч. 55 м.	11 ч. 45 м.	10 ч. 10 м.
	в том числе:				
	под тормозом . . . . .	"	55 м.	1 ч. 17 м.	—
	под эксплуатационной нагрузкой . . . . .	"	—	—	5 ч. 30 м.
2.	Топливо				
	Зольность $A_c$ . . . . .	проц.	1,1	8,6	8,6
	Влажность $W_p$ . . . . .	"	10,7	17,7	17,7
	Теплотворная способность $Q_B^p$ . . . . .	кал/кг.	3946	3627	3627
3.	Расход топлива за время испытания . . . . .	кг.	190	320	—
4.	Напряжение зеркала горения в горловине газогенератора . . . . .	кг/м <sup>2</sup> час	605	650	—
5.	Состав полученного газа:				
	углекислоты $CO_2$ . . . . .	проц	11,0 — 14,8	11,4 — 13,4	13,0
	окси углерода $CO$ . . . . .	"	11,9 — 15,4	10,5 — 17,1	—
	водорода $H_2$ . . . . .	"	6,2 — 13,3	8,6 — 12,1	—
6.	Теплотворная способность газа (средняя) . . . . .	кал/м <sup>3</sup>	885	968	—
7.	К. п. д. газификации . . . . .		0,62	0,65	—

Температуры наружных стенок газогенератора показывают, что при газификации на торфе температуры верхних стенок газогенератора (у бункера) более низкие, а нижних стенок (у топливника) — более высокие по сравнению с работой на древесных чурках, т. е. зоны высоких температур топливника особенно резко выражены при работе на торфе.

Температура газа после газогенератора постепенно нарастала, особенно при третьем испытании, когда она поднялась до 650°. Это, наряду с ростом сопротивлений, указывает на происходящий процесс зашлаковывания в газогенераторе и на необходимость изыскания мер борьбы с последним.

Таблица № 5

№№ п/п	Показатели	Единица измерения	1-ое испытание	2-ое испытание	3-ье испытание
			Древесные чурки	Торф	Торф
1.	Температура газа после газогенератора при работе двигателя без нагрузки . . . . .	градус	410	450	—
	Тоже при работе с нагрузкой . . . . .	"	500	550	650
2.	Температура газа перед двигателем . . . . .	"	38	35	25
3.	Температура воздуха . . . . .	"	20	20	15
4.	Температура воды для охлаждения . . . . .	"	16	16	—
5.	Температура наружных стенок бункера . . . . .	"	58	35	28
	Температура топливника . . . . .	"	160	200	150
6.	Разрежение у газогенератора при работе без нагрузки . . . . .	мм. вод. ст	8	6	—
7.	Разрежение у газогенератора при работе с нагрузкой . . . . .	"	10	20	—
8.	Разрежение после скруббера при работе без нагрузки . . . . .	"	100	100	—
	Тоже с нагрузкой . . . . .	"	350	350	200
9.	Разрежение перед двигателем при работе без нагрузки . . . . .	"	140	140	—
	Тоже с нагрузкой . . . . .	"	600	700	—

Данные таблицы по разрежениям в отдельных точках газогенераторной установки и кривая сопротивлений показывают, что сопротивление газогенератора незначительно (8—12 мм.), в то время как сопротивление скруббера весьма значительно (100—350 мм); велико также сопротивление и тонкого очистителя, заполненного коксом и стружками. Чрезмерные сопротивления скруббера объясняются особенностью подобного типа эжекционно-диффузорного очистителя, что подтверждается практикой эксплуатации этой установки на катерах.

Сопротивления при работе на торфе выше, чем при чурках, в основном, за счет газогенератора, вследствие накопления золы

и зашлакования низа топливника. При втором испытании, после разборки газогенератора, в топливнике обнаружен был „козлик“ шлака (200 × 40 × 50 мм) и следы шлака на внутренних нижних стенках топливника.

Тепловой баланс газификации имеет такую структуру:

Таблица № 6

№№ по порядку	Показатели	1-ое испытание	2-ое испытание
		Древесные чурки	Торф в %%
1.	Теплотворная способность газа . . . . .	62,0	65,0
2.	Физическое тепло газа . . . . .	10,5	11,0
3.	Теплосодержание водяных паров . . . . .	7,5	8,0
4.	Потери с шлаком и золой . . . . .	4,0	5,0
5.	Потери на излучение . . . . .	16,0	11,0
	Итого . . . . .	100,0	100,0

Работу двигателя характеризуют следующие данные:

Таблица № 7

№№ п/п	Показатели	Единица измерения	1-ое испытание	2-ое испытание
			древесные чурки	торф
1	Расход топлива за время работы двигателя . . . . .	кг/ч.	42,2	45,7
2	Расход рабочего газа в час работы двигателя . . . . .	м <sup>3</sup> /ч.	117	112
3	Полученная устойчивая мощность двигателя на тормозе . . . . .	л. с.	30	30
4	Расход топлива на силу/час . . . . .	кг.	1,41	1,53
5	Полученная неустойчивая (по вине тормоза) мощность . . . . .	л. с.	40-50	40-50
6	Потеря мощности двигателя . . . . .	%%	25	25

Двигатель запускался на бензине, после чего переводился на газ. Во время испытаний имели место остановки двигателя: во время первого испытания — 9 остановок, из них 7 произошли от перегрузки тормозом; во время второго испытания — 20 остановок, из коих 10 произошли от перегрузки тормозом и 7 при

переводе с бензина на газ. При третьем испытании установка работала бесперебойно, под полной нагрузкой, в течении 4,5 часов и только под конец испытания произошли 4 остановки двигателя вследствие плохого газа, хотя в бункере еще оставался торф слоем в 650мм выше фурменного пояса. Следует отметить, что вследствие засыпки торфа в газогенератор с палубы катера не было уделено достаточного внимания на проведение регулярной шуровки и потому она была произведена всего лишь раза два-три за период испытаний, что было явно недостаточным и привело к остановке двигателя.

Это подтвердилось тем обстоятельством, что после разборки газогенератора, шлака в топливнике в больших кусках обнаружено не было; найдены были лишь небольшие куски шлака и догорающий кокс.

### 3. Выводы

Проведенные сравнительные испытания показали:

1. Возможность газификации в подобной конструкции транспортного газогенератора торфа естественной сушки. Несмотря на непригодность конструкции газогенератора для торфа, все же представилось возможным проводить, хоть и с перебоями, газификацию торфа в течение 8 — 10 часов при холостом ходе двигателя, и 4,5 часов в эксплуатационных условиях. Газ был получен даже несколько лучшего состава и калорийности, чем при древесных чурках. Засмоляемость наблюдалась меньшая, чем при сосновых чурках. Несмотря на большую влажность испытуемого торфа по сравнению с чурками, работа двигателя не ухудшилась, а, наоборот, последний на торфяном газе работал мягче и четче.

2. Специфическими особенностями торфа, как топлива для подобного типа газогенераторов (по сравнению с чурками), являются: а) резко увеличенное количество золы (8-15% торфа против 1% в чурках); б) склонность золы торфа к образованию шлаков вследствие низкой температуры плавления, в то время как зола древесная, как правило, тугоплавка, и в) наличие мелочи в торфе, особенно низинном. Торф, подаваемый в газогенератор, должен быть тщательно отсортирован от мелочи, а шуровка его в бункере не должна сопровождаться образованием мелочи, что особенно важно при низинном торфе, склонном, как известно, к образованию мелочи.

3. Положительными особенностями торфа являются: а) конкурентоспособность торфа — он недефицитен, значительно дешевле древесных чурок, так как подготовка его до кусков в 5 — 6 см. много проще, чем сложная разделка древесины на чурки; б) торф менее битуминозен по сравнению с сосновыми чурками, что облегчает крекирование смолы в зоне горения и в) торф способен длительно сохранять огонь в топливнике (одни или двое суток) после прекращения работы газогенератора, что очень важно для транспортного газогенератора,

## ПРОЕКТ ТРАНСПОРТНОЙ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ НА КУСКОВОМ ВОЗДУШНО-СУХОМ ТОРФЕ

### 1. Принципиальные вопросы конструкции и схемы установки

Приведенные выше опыты газификации торфа в газогенераторе конструкции „Моссудоверфь“, несмотря на всю их непродолжительность и неполноту, выявили ряд весьма важных обстоятельств, с которыми мы встречаемся при переходе от древесных чурок к кусковому торфу.

Эти затруднения при работе на торфе с влажностью в 15—18% относятся, в основном, к минеральной массе торфа и характеризуются: 1) скоплением значительных количеств золы и шлаков над колосниковой решеткой, которые вызывают сильное сопротивление для прохода газов и в конце—остановку двигателя; 2) явлениями образования шлаков в топливнике, в частности—осаждения расплавленной массы золы на стенках керамического топливника.

Помимо минеральной имеют, конечно, значение и особенности органической массы торфа, физическая структура его, размеры кусков, склонность к образованию мелочи, особенно для низинного торфа, и влажность торфа.

При проектировании газогенераторной установки для баггера ставились такие основные задачи: 1) возможность работы на обычном воздушно-сухом низинном, с влажностью около 30%, торфе (древесные газогенераторные транспортного типа установки работают, как правило, на чурках с влажностью в 10—12%); 2) обеспечить, несмотря на значительно более высокую зольность и низкую температуру плавления золы торфа, возможность длительной непрерывной работы установки; 3) обеспечить при этом получение безсмольного и очищенного газа.

Газогенератор сконструирован по принципу опрокинутого горения. Принцип этот целиком себя оправдал при применении для газификации смолистых видов топлива, так как при этом методе имеется возможность избавиться от смолы, уксусной кислоты и прочих продуктов сухой перегонки топлива в самом процессе газификации; при этом утилизируется скрытая теплота этих продуктов (теплотворная способность смолы составляет около 16% всего тепла, заключенного в торфе). При прямом горении эти продукты должны быть сконденсированы в очистительной аппаратуре, что связано с утяжелением и конструктивным усложнением установки, потерями как физического, так и химического тепла продуктов сухой перегонки.

Преимущество опрокинутого процесса горения заключается еще и в том, что при нем в восстановительную зону попадает почти чистый углерод, что создает благоприятные условия для

реакции образования генераторного газа, в то время как при прямом процессе это топливо из бункера обычно попадает недостаточно обугленным.

Газогенератор, работающий по принципу опрокинутого горения, позволяет загружать бункер топливом на ходу, не приостанавливая работы двигателя. Это дает, по сравнению с газогенератором, работающим по прямому горению, большое преимущество, так как всякая остановка двигателя, помимо ее нежелательности, связана с пуском его вновь на бензине.

Все вышеотмеченное, а также ряд других преимуществ, является причиной применения во многих случаях опрокинутого процесса не только для смолистых видов топлива, но и для древесного угля и кокса, которые обычно газифицируются по прямому процессу горения.

Для разрешения первой из поставленных при проектировании задач предусмотрена предварительная подсушка торфа в бункере. Бункер предусматривается значительных размеров, емкостью в 0,85 м<sup>3</sup> с запасом торфа на 4—5 часов при полной нагрузке двигателя. Нижняя часть бункера обогревается за счет физического тепла образующегося газа; в верхней части его, охлаждаемой наружным воздухом, конденсируются водяные пары торфа, удаляющиеся через специальные жалюзи верха бункера. Вода собирается в конденсационном бачке с гидравлическим затвором, откуда, по мере наполнения, спускается наружу.

Для более эффективной подсушки торфа в бункере и повышения к. п. д. газификации предусматривается прямой ход газа, (по выходе его из топливника), при котором обогрев бункера будет происходить газом наиболее высокой температуры. Для этой же цели, а также для лучшего течения эндотермических реакций в зоне восстановления, стенки бункера в обогреваемой части и стенки топливника и зольника тщательно изолируются асбестовым картоном.

Работа на воздушно-сухом торфе с влажностью 30-33% преследует еще и такую задачу—не допустить слишком высоких температур в топливнике, особенно в горловине его, при которых имели бы место явления шлакования золы. Из этих же соображений не предусматриваем в проекте, часто применяемого в конструкциях транспортных газогенераторов, подогрева воздуха за счет утилизации теплоты наружных стенок газогенератора.\*)

Температура в топливнике, как правило, должна быть ниже критической температуры размягчения и расплавления золы. Предварительная подсушка в бункере лишь несколько уменьшит содержание воды в продуктах сухой перегонки. Большая часть водяных паров будет идти с потоком газа в топливник и при этом

\*) Подогрев воздуха таким путем противоречил бы задаче подготовки торфа в бункере. Частично воздух подогревается в подводящих воздух трубках, по сколько последние проходят в газовой камере.

будет происходить требуемое снижение температуры в активной зоне как за счет реакции разложения водяного пара (идущей с поглощением тепла), так и за счет испарения и перегрева водяных паров.

В какой мере удастся согласовать противоречивые требования, — обеспечение нормального протекания реакций в активной зоне газогенератора и недопущение при этом плавления торфяной золы — покажут дальнейшие экспериментальные испытания установки.

Избыточного количества водяных паров в газе, против обычного из древесных чурок, бояться не приходится, так как от них легко можно освободиться в очистной аппаратуре установки. Обезвоживанием газа будет обеспечена нормальная теплотворная способность рабочего газа. Газификация воздушно-сухого торфа является, таким образом, основным профилактическим мероприятием для борьбы с шлакованием золы.

Из других мероприятий в этом направлении предусматриваются следующие:

Топливник запроектирован в нескольких вариантах, однако, основным вариантом для большей надежности предусмотрен чугунный топливник. Таким путем достигается устранение возможности налипания шлаков на стенках топливника вследствие лучшей теплоотдачи от стенок его к омываемому снаружи топливника газу (при футерованном керамическом топливнике обеспечить это не представляется возможным).

При чугунном топливнике возможно также проводить глубокую шуровку топлива и устранение сводообразования у горловины, без опасения разрушить футеровку топливника. Устранение налипания шлаков к стенкам топливника путем охлаждения топливника водой нежелательно как с точки зрения технологии процесса, так и тепловой. К тому же это весьма затруднительно осуществить и в конструктивном отношении.

В одном из вариантов топливника предусмотрен двухрядный подвод воздуха (у горловины и над ней). Предполагается, что дожигание торфа (а следовательно, и более высокие температуры топливника) будут при этом несколько ниже горловины, и этим самым будет устранено шлакование золы в наиболее узком месте топливника, где застревание шлаков особенно опасно.

Для разрешения второй поставленной задачи требуется не только изыскание мероприятий для борьбы с шлакованием, но и обеспечение удаления золы и кусков шлака на ходу, во время работы двигателя. Это обеспечивается установкой подвижной колосниковой решетки. В проекте предусматривается два варианта колосниковой решетки — одной вращающейся двухдисковой типа „Фаун-Дейтца“, применяемой в заграничных транспортных газогенераторных установках для антрацита, в которой удаление золы и шлаков производится через сегменты, и второй — вращающейся крестовидной решетки конструкции Украинсторфа.

Для получения безсмольного газа диаметр горловины топливника выбираем в 200 мм.

Достаточная высота активной зоны, плотный слой раскаленного кокса при правильном выборе скорости воздуха, выходящего из фурм, должны обеспечить крекирование смолы и устранить опасность засмоления двигателя.

Зольник газогенератора, учитывая сравнительно высокую зольность торфяного топлива и необходимость обеспечения 16-ти часовой работы установки без чистки, выбираем размером в  $0,5\text{ м}^3$ . Объем этот значительно больше зольникового пространства в обычно применяемых конструкциях транспортного газогенератора и представляет, по существующей теории, опасность в смысле создания „вредного“ пространства и возможности, вследствие этого, обратного течения реакций воздушного и водяного газов. Однако, нам думается, что опасность эта практически сильно преувеличивается. Практика покажет, в какой мере эти опасения основательны.

В части очистки и охлаждения газа наиболее эффективным решением задачи была бы установка водяного очистителя скрубберного типа. Преимущества этого очистителя, по сравнению с сухим, заключаются в следующем: 1) вся установка получается компактной; 2) лучшая очистка и охлаждение газа; 3) не требуется постановка специальных охладителей с большой охлаждающей поверхностью.

Установка такого очистителя требует наличия достаточного количества воды в районе работы баггера. Принимая, однако, во внимание, что в наличии имеется вода хоть и в достаточном количестве, но грязная, болотная, из карьеров, — останавливаемся на сухой очистке и воздушном охлаждении. Ухудшение условий охлаждения газа выразилось в увеличении поверхности охлаждения. Для лучшего охлаждения газоохладителей воздухом последние располагаются на верхней площадке баггера.

В целом следует отметить, что габариты как газогенератора, так и отдельных частей установки, рассчитаны с значительными резервами.

При подтверждении основных принципиальных вопросов проекта, в случае, если газогенераторная установка оправдает себя и окажется работоспособной, представится, очевидно, возможным значительное усовершенствование ее и, в первую очередь, — пересмотр необходимых размеров газогенератора и всей установки в целях уменьшения, облегчения и упрощения ее.

## 2. Описание устройства газогенераторной установки

Установка состоит из одного газогенератора с обратным горением, двух циклонов, трех трубчатых вертикальных газоохладителей и одного тонкого очистителя. К двигателю „Коммунар“ 90 л. с. газ подводится сверху, через двуструйный с пересека-

ющимися потоками, газовый смеситель. (см. рис. 1). Работа установки, в основном, сводится к следующему:

Вследствие разрежения, создаваемого двигателем, в шахту газогенератора через фурменные отверстия поступает воздух, несколько нагреваясь по пути в газовой камере. Воздушно-сухой торф подается в газогенератор сверху через загрузочный люк. Подсушившись в бункере и подвергшись сухой перегонке в переходном конусе от бункера к топливнику, торф превращается в торфяной кокс и летучие продукты дестилляции.

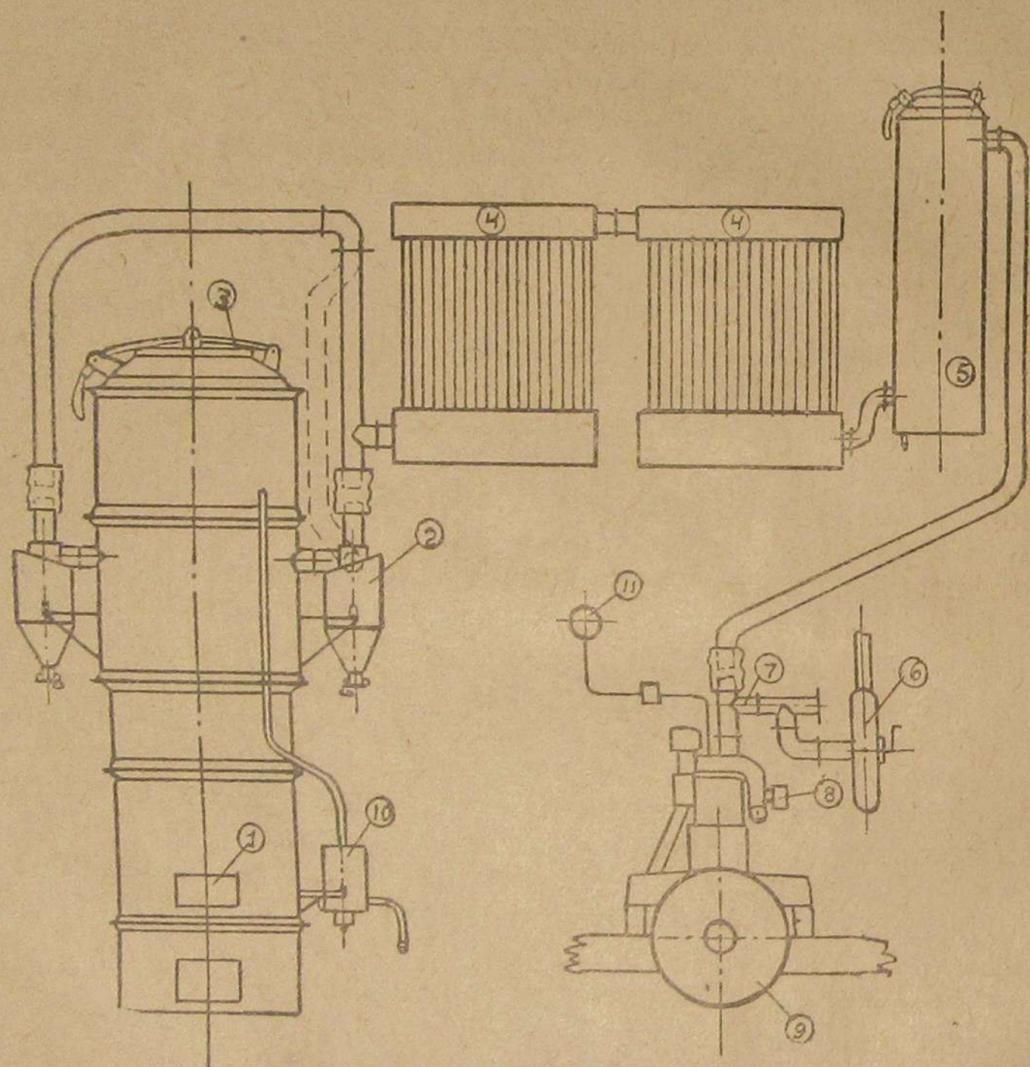


Рис. 1. Схема газогенераторной установки: 1—газогенератор; 2—циклонный пылеуловитель, 3—загрузочная крышка; 4—воздушный охладитель; 5—тонкий очиститель; 6—ручной вентилятор; 7—газовый смеситель; 8—карбюратор основной; 9—двигатель „Коммунар“; 10—конденсатный бачек; 11—бензиновый бачек.

У фурменного пояса газогенератора торфяной полукокс или кокс, вступая в реакцию с воздухом, частично сгорает, частично переходит через горловину топливника к колосниковой решетке, образуя т. н. „восстановительную зону“.

В результате взаимодействия образующейся от сгорания углекислоты и углерода раскаленного торфяного кокса получается

силовой генераторный газ. Летучие продукты сухой перегонки частично сгорают, частично принимают участие в реакциях образования газа. Газ из топливника выходит с температурой около 550—600° С; подымаясь по кольцевому пространству, образуемому стенкой газогенератора и наружной частью топливника, газ охлаждается, обогревая подводящие воздух трубки и нижнюю часть бункера, после чего через два выходных патрубка поступает на очистку и охлаждение.

Очистка газа—сухая. Газ из генератора поступает последовательно или параллельно (по желанию) в два циклона типа „Фауна“ для грубой очистки, после этого последовательно проходит через три трубчатых вертикальных холодильника, охлаждаемых естественным потоком наружного воздуха, и далее — в цилиндрический очиститель с тремя ярусами, заполненными металлическими кольцами Рашига и металлическим волосом для тонкой очистки.

Охлаждение газа осуществляется как в самом генераторе (подогрев воздуха в трубках, подсушка торфа),

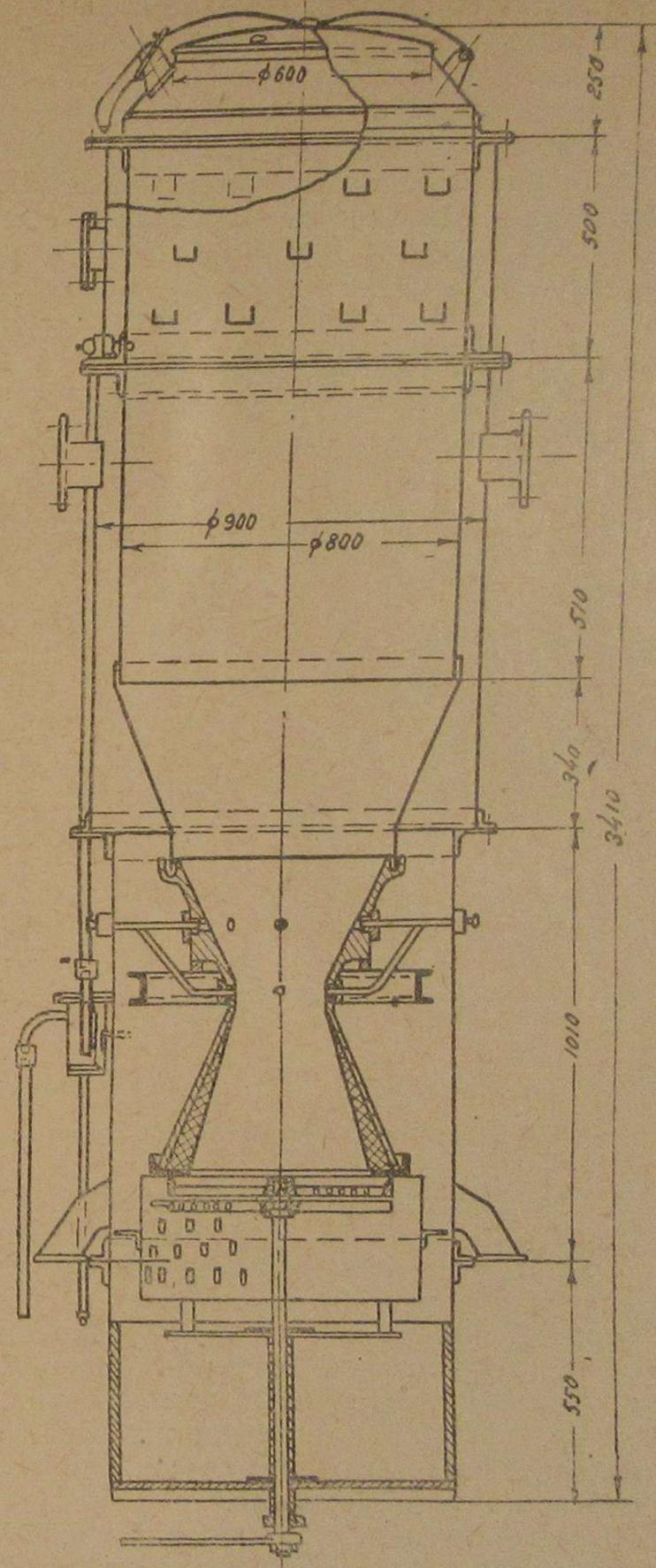


Рис. 2. Торфяной газогенератор транспортного типа

так и на пути его прохождения к двигателю (в циклонах, воздушных охладителях, тонком очистителе и газопроводе).

Отсос газа из газогенератора для обеспечения равномерного процесса газификации — двухсторонний. Поток газа в охладителях и тонком очистителе осуществлен „снизу вверх“. Получающиеся в результате подогрева торфа водяные пары отводятся через отверстия и кольцевое пространство верхней части бункера на-

ружу, предварительно проходя в конденсационный горшок с гидравлическим затвором.

Для розжига газогенератора имеется ручной вентилятор в конце газогенераторной установки, на участке газопровода перед двигателем.

### Газогенератор.

Газогенератор железный (см. рис. 2). Основные размеры его: высота—3100 мм, диаметр бункера внутренний—800 мм., наружный—900 мм. Топливник по основному варианту — чугунный, двухконусный, одно-или двухрядного типа (8 фурм диаметром 10 мм). Высота топливника—560 мм., диаметр в плоскости фурм—300 мм., диаметр горловины —

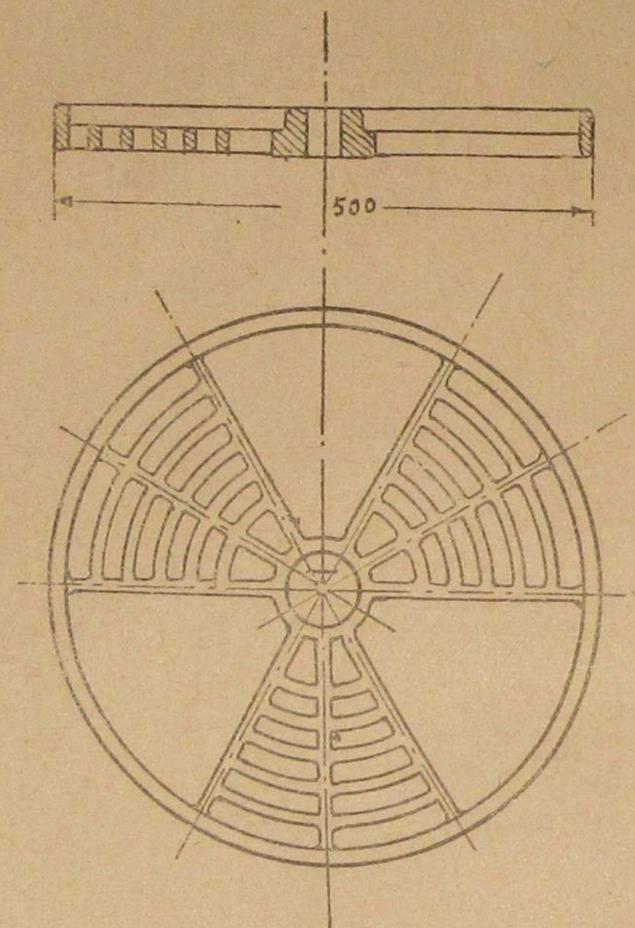


Рис. 3. Верхняя часть колосниковой решетки.

200 мм. Расстояние от горловины до колосниковой решетки колеблется в пределах 400—570 мм. Колосниковая решетка в основном варианте типа „Фаун-Дейтца“ состоит из двух круглых решетчатых дисков (см. рис. 3), покоящихся на одном вертикальном валу — верхний подвижной, нижний — неподвижный.

Вал с винтовой нарезкой проходит через втулку с резьбой в опорном гнезде дна газогенератора.

Вращением втулки можно устанавливать колосниковую решетку на различной высоте, повышая или понижая этим высоту активной зоны газогенератора.

Верхний диск колосниковой решетки может поворачиваться в горизонтальной плоскости на угол 60°, чем обеспечивается удаление золы и кусков шлаков через открывающиеся при этом сег-

менты. Это последнее, как и установка колосниковой решетки по высоте, может производиться как на ходу газогенератора, так и во время остановок.

Для удаления собравшихся шлаков и золы во время остановок двигателя имеются топочная и зольниковая дверки, зажимаемые винтами на асбестовой прокладке. Бункер газогенератора рассчитан на 4—5 часовый запас торфа при полной работе двигателя.

Переходной конус от бункера к топливнику имеет угол наклона больший, чем угол естественного откоса. Это обстоятельство, а также подогрев конуса горячим газом, устраняет прилипание кусочков торфа друг к другу и к стенкам бункера вследствие выделения смол.

Нижняя часть бункера подогревается горячими газами, выходящими из топливника; в верхней части бункера производится отбор из бункера избытков паров воды, выделяющихся при подсушке торфа. Для этого в верхней части бункера стенки сделаны двойными, причем во внутренней стенке выполнены специальные отверстия с козырьками. Водяные пары проходят через прорезы внутренней стенки в рубашку бункера; соприкасаясь с наружной стенкой, охлаждаемой воздухом, пары будут конденсироваться в виде капель и стекать по стенкам вниз. Конденсат собирается в конденсатном бачке с гидравлическим затвором, и оттуда автоматически удаляется через спускную трубку наружу.

Воздух поступает в топливник через 8 фурменных отверстий, установленных по окружности топливника с диаметром 10 мм; (см. рис. 4); против каждой фурмы снаружи находится лючек, закрываемый крышечкой. Отсос газа двухсторонний. Верхний загрузочный люк газогенератора выполнен с пружинным, легко открывающимся затвором. Этим он выполняет и роль предохранительного клапана, предохраняя от местных взрывов — „хлопков“. Для шуровки и проталкивания топлива у горловины в люке имеется шуровочный лючек для жигала,

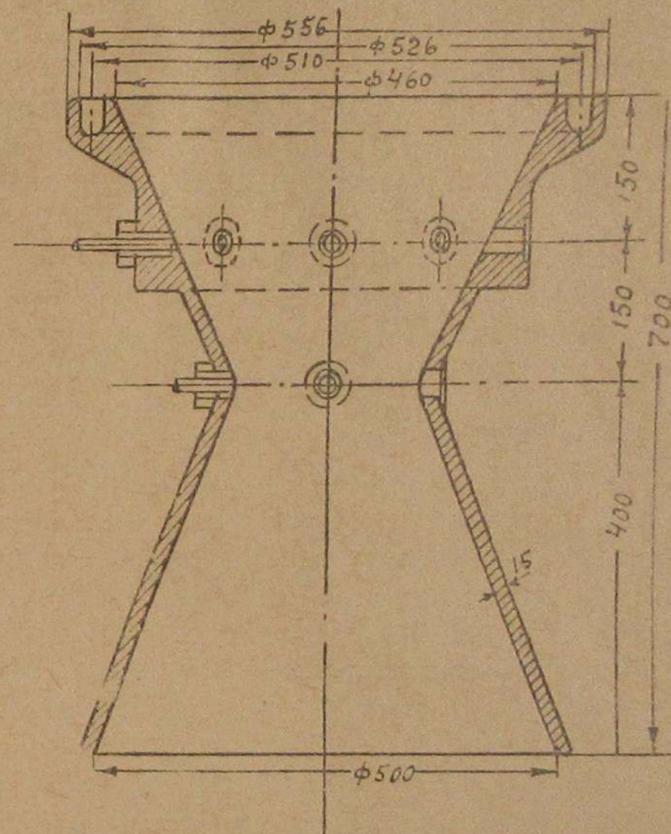


Рис. 4. Чугунный топливник с двумя рядами фурм.

## Очистители и охладители.

Для первой, грубой очистки газа служат два циклона. Их назначение—осадить пыль и летучую золу, несколько охладив при этом газ. Циклон состоит из вертикального цилиндра с коническим дном, имеющего внутри центральную газоотводящую трубу с косыми винтообразными лопатками; внизу его имеется крышка с затвором для спуска осевшей пыли и конденсата. Сырой загрязненный газ входит с определенной скоростью через патрубок, расположенный по касательной к поверхности цилиндра. В последнем поток газа продолжает в силу инерции двигаться по спирали вниз, расстилаясь по внутренней поверхности. При движении газа взвешенные частицы ударяются о лопатки, центробежной силой выбрасываются и соскальзывают в коническую пылесборную часть. Размеры циклона: верхний диаметр — 0,5 м., нижний — 0,1 м., высота — 0,6 м. и 0,5 м.

Для охлаждения газа имеется три воздушных охладителя с круглыми трубками, объединенными по концам в общие прямоугольные коллекторы; в последних имеются патрубки для подвода горячего и отвода охлажденного газа. Каждый имеет 16 трубок диаметром 50 мм. и высотой 1,5 м., расположенных в два ряда.

Общая поверхность охлаждения одного газоохладителя, считая и коллекторы,  $5,1 \text{ м}^2$ . Каждый коллектор имеет общую съемную крышку на болтах; чистка трубок производится сверху, удаление конденсата и грязи—снизу, через специально устроенные спускные пробки на резьбе.

Тонкий очиститель — цилиндрический. Размеры его: высота — 2,0 м., диаметр — 0,6 м. Подвод газа производится через нижний патрубок, отвод очищенного газа в смеситель — вверху. Очиститель имеет три яруса, в том числе два нижних, заполняемых кольцами Рашига, и верхний — металлическим волосом. Для загрузки и выгрузки колец имеется два боковых люка и верхняя крышка; для спуска конденсата — спускные пробки на резьбе. Крышка тонкого очистителя выполнена, как и в газогенераторе, с пружинным затвором.

### 3. Размещение газогенераторной установки на баггере

Размещение газогенераторной установки на баггере проведено по двум вариантам:

Первый вариант предусматривал более свободное размещение на баггере, для чего потребовалось увеличение обслуживаемой площадки путем устройства консоли и выравнивания трапециодальной площадки баггера (с левой стороны, т. е. ближе к центру тяжести) в прямоугольную.

Второй вариант, выполненный на основании дополнительного выяснения на месте установки баггера, предусматривает

размещение всех элементов газогенераторной установки и двигателя в передней части рамы баггера. Это исключает необходимость в устройстве дополнительной консоли (см. рис. 5).

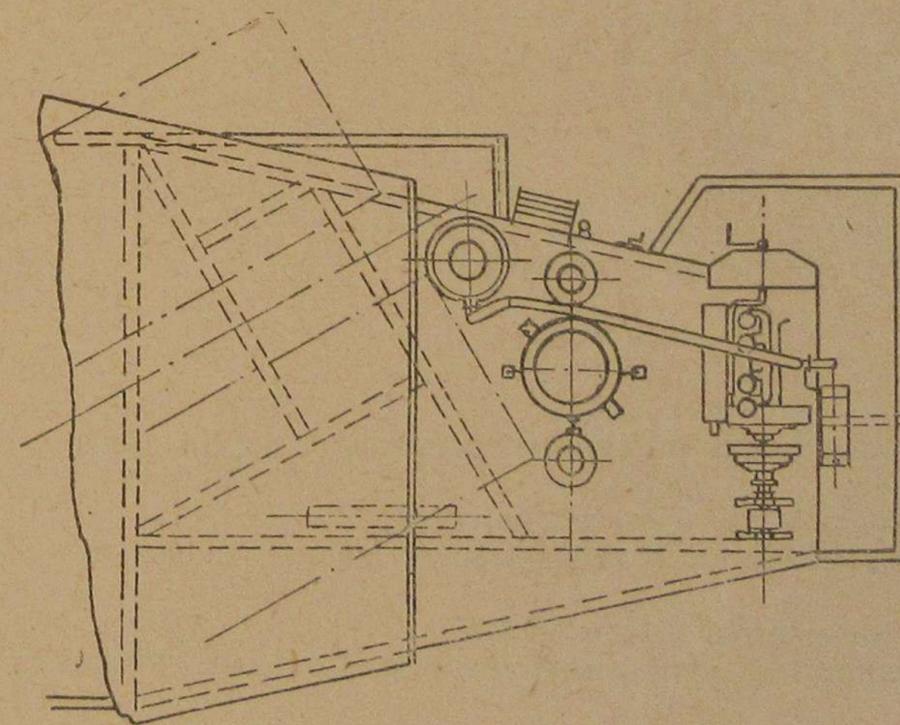
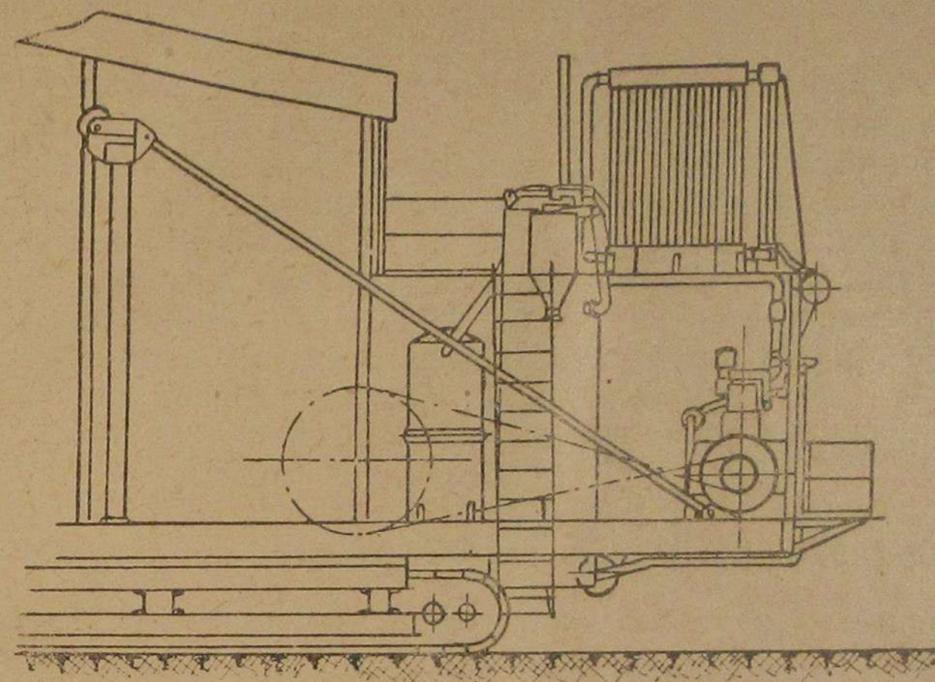


Рис. 5. Общий вид газогенераторной установки на баггере.

В центре площадки располагается газогенератор, по обеим сторонам его устанавливаем два циклона; сзади газогенератора, с левой стороны, размещается тонкий очиститель. Двигатель

„Коммунар“ располагается на раме в передней части баггера, по возможности дальше от главного трансмиссионного вала. Этим обеспечивается большой угол охвата и уменьшается скольжение шкива. Для возможности обслуживания двигателя и газогенераторной установки имеются необходимые проходы. Газогенератор и отдельные элементы установки крепятся лапами на железных балочках. Торф подается по железной лестнице вручную на деревянную палубу у бункера. На палубе располагается также три воздушных охладителя, для лучшего обдувания воздухом. Топливник газогенератора выходит топочной и зольниковой дверками под пол площадки, где и обслуживается во время остановок двигателя. Ручной вентилятор для розжига газогенератора располагается на уровне пола и обслуживается с земли. Спускные пробки воздушных охладителей расположены под палубой; там же располагается и пусковой бачок для бензина. Палуба для сбегания капель дождя имеет покатость в обе стороны.

#### 4. Производительность газогенератора по двигателю

Основные параметры двигателя „Коммунар“ 90 л. с. будут следующие:

$d$ — диаметр цилиндра в м.	— 0,15 м.
$s$ — ход поршня в м.	— 0,18 м.
$i$ — число цилиндров	— 4
$n$ — число оборотов в минуту	— 1250

Для подсчета нам прежде всего нужно определить температуру горючей смеси, подаваемой в двигатель ( $t_{см}$ ).

Температура рабочей смеси равна:

$$t_{см} = \frac{\alpha \cdot L_o \cdot t'_{воз} + t'_{газ} (1 + 1,2\omega)}{1 + \alpha L_o + \omega}, \text{ где:}$$

$\omega$  — коэффициент объемного содержания паров воды в генераторном газе;

$\alpha$  — коэффициент избытка воздуха;

$L_o$  — теоретически необходимое количество воздуха в  $m^3$  на  $1m^3$  газа;

$\alpha$  — принимаем в 1,15;

$L_o$  — найдем из уравнения горения отдельных составных частей газа.

Необходимое теоретическое количество воздуха, требующееся для полного горения газа, будет (см. гл. IV):

для сжигания CO	— 0,184 · 0,5 · 4,77
” ” H <sub>2</sub>	— 0,132 · 0,5 · 4,77
” ” CH <sub>4</sub>	— 0,026 · 2,0 · 4,77

Для  $1m^3$  газа всего потребуется воздуха:

$$L_o = 4,77 \{ [0,5/0,184 + 0,132/1] + 2,0 \cdot 0,026 \} = 1,00 m^3/m^3$$

$t'$  воздуха принимаем, поскольку баггер предназначен для работы в летний период, в  $18^\circ C$ .

$t'$  газа охлажденного —  $40^\circ C$

Тогда температура смеси будет:

$$t_{см} = \frac{1,15 \cdot 1,00 \cdot 18 + 40/1 + 1,2 \cdot 0,086/}{1 + 1,15 \cdot 1,00 + 0,086} = \frac{64,7}{2,236} = 29^\circ$$

Коэффициент объемного содержания паров воды найдем из такого отношения:

$$\omega = \frac{V_{пар}}{V_{газ}} = \frac{P_s}{P - P_s}$$

Объемные содержания компонентов, составляющих смесь, пропорциональны их парциальным давлениям.

$P_s$  — парциальное давление пара, найдем из таблицы при температуре н/газа в  $40^\circ$ . Оно будет равно 0,0752.

$P = 0,95$ ; откуда:

$$\omega = \frac{0,0752}{0,95 - 0,0752} = 0,086$$

Искомая абсолютная температура рабочей смеси, поступающей в цилиндр двигателя:

$$T_o = t'_{см} + 273 = 29 + 273 = 302^\circ C.$$

Температура рабочей смеси повышается, нагреваясь от стенок цилиндра, на величину  $\Delta t = 10 - 20^\circ C$  и обозначается  $T'_o = T_o + \Delta t$

Определим  $T'_o$ , принимая  $\Delta t = 15^\circ C$ .

$$T'_o = 302 + 15 = 317^\circ.$$

Для дальнейших расчетов принимаем такие исходные данные:

$P$  — давление газа при входе в смеситель = 0,95 атм.

$P_o$  — давление после смесителя = 0,90 атм.

$P_a$  — давление всасывания — 0,95  $P_o = 0,855$  атм.

$P_r$  — давление выпуска — 1,08 атм.

$\xi$  — степень сжатия — 4,35.

Коэффициент подачи двигателя  $\eta_v$  при работе на газогенераторном газе мы найдем из такого уравнения:

$$\eta_v = \frac{T_o}{T'_o} \cdot \frac{\epsilon P_a - P_r}{(\xi - 1) P_o}, \text{ где:}$$

$T_o, T'_o, \xi, P_a, P_r, P_o$  обозначены выше.

$$\eta_v = \frac{302}{317} \cdot \frac{4,35 \cdot 0,855 - 1,08}{(4,35 - 1,0) \cdot 0,90} = 0,833$$

Часовое всасывание рабочей смеси двигателя будет:

$$V_{см} = 60 \cdot \eta_v \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot i \cdot \frac{n}{2} \text{ м}^3/\text{ч.} =$$

$$= 60 \cdot 0,833 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,15^2}{4} \cdot 0,18 \cdot 4 \cdot \frac{1250}{2} = 396 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Переходим к расчету мощности двигателя. Объем влажного газа, засасываемого в двигатель при температуре 40°, будет:

$$V_{газ} = \frac{V_{см}}{1 + \alpha L_0 + \omega} = \frac{396}{1 + 1,15 \cdot 1,00 + 0,86} = 177,0 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Расход сухого газа, приведенный к нормальным физическим условиям, будет:

$$V'_{газ} = \frac{V_{газ} \cdot 273 \cdot P_0}{T_0 \cdot 1,033} = \frac{177 \cdot 273 \cdot 0,90}{302 \cdot 1,033} = 139 \text{ м}^3/\text{час}$$

Для расчета мощности двигателя нужно найти эффективный к. п. д.:

$$\eta_{эф} = \eta_m \cdot \eta_i$$

Индикаторный к. п. д. ( $\eta_i$ ) для двигателя, работающего на генераторном газе, считаясь с практикой работы газогенераторных древесных установок в последние годы, найдем по формуле:

$$\eta_i = \frac{\sqrt{\varepsilon}}{9} = \frac{\sqrt{4,35}}{9} = 0,232$$

Механический к. п. д. ( $\eta_m$ ) найдем из формулы:

$$\eta_m = \kappa \left( 1 - \frac{0,76}{D} \right), \text{ где}$$

$\kappa$  — коэффициент, зависящий от степени сжатия.

$D$  — диаметр цилиндра в сантиметрах.

$\kappa$  при  $\varepsilon = 4,35$  равен 0,928,  $D = 15$ . Следовательно:

$$\eta_m = 0,928 \left( 1 - \frac{0,76}{15} \right) = 0,88$$

Эффективный к. п. д. двигателя будет:

$$\eta_{эф} = \eta_m \cdot \eta_i = 0,88 \cdot 0,232 = 0,204.$$

Эффективная мощность двигателя окончательно будет:

$$N_{эф} = \eta_{эф} \cdot \frac{V'_{газ} \cdot Q_{н\text{газ}}}{632} = 0,204 \cdot \frac{139 \cdot 1121}{632} = 50,3 \text{ л. с.}$$

Потеря мощности двигателя:

$$\frac{(90 - 50,3) \cdot 100}{90} = 44,2\%$$

Аналогичными расчетами находим отправные данные, мощность двигателя и потерю мощности при изменении степени сжатия двигателя и изменении влажности поступающего на газификацию торфа:

Таблица № 8

Исходная влажность торфа в % . . . . .	30	30	30	15	15	15
Степень сжатия двигателя . . . . .	4,35	6,0	7,0	4,35	6,0	7,35
1. Теплотворная способность газа низшая $Q_{н}^p$	1121	1121	1121	1239	1239	1239
2. Расход сухого газа в час работы двигателя $\text{м}^3/\text{ч}$ . . . . .	139,0	143,5	144,5	132	136	137
3. Эффективный к. п. д. двигателя . . . . .	0,204	0,237	0,254	0,204	0,237	0,254
4. Эффективная мощность двигателя л. с.	50,3	60,3	65,0	52,8	63,0	68,0
5. Потеря мощности двигателя в % . . . . .	44,2	33,0	27,8	41,3	30,0	24,4
6. Удельный расход торфа $\text{кг}/\text{л. с. ч.}$ . . . . .	1,51	1,29	1,21	1,25	1,08	1,0

Как видим из приведенной таблицы, с увеличением степени сжатия двигателя значительно возрастает эффективный к.п.д. и уменьшается удельный расход торфа. Мощность двигателя при этом растет. Понижение исходной влажности сказывается на повышении калорийности газа и некотором повышении мощности двигателя. Расход торфа при этом, естественно, снижается.

### 5. Конструктивный расчет газогенератора

Часовой расход торфа с влажностью  $W^p = 30,0\%$  определяем по формуле:

$$G'_{общ.} = \frac{V'_{газ} \cdot G_{общ.}}{2240} \text{ кг/час.}, \text{ где:}$$

$V'_{газ}$  — часовой расход сухого газа  $\text{м}^3/\text{ч}$

$G_{общ.}$  — общий вес торфа на 100 кг. — мол. газа.

2240 — объем газа в  $\text{м}^3$ , каковой занимает 100 молей газа при 0° и 760 мм. рт. столба.

$$G'_{общ.} = \frac{139 \cdot 1218}{2240} = 75,6 \text{ кг.}$$

Определяем расход воздуха на газификацию в  $m^3$  в час:

$$L_1 = \frac{V_{\text{газ}}^1 \cdot L}{100} \text{ м}^3/\text{час}$$

Подставляем значения для  $V_{\text{газ}}^1$  и  $L$

$$L_1 = \frac{139 \cdot 69,5}{100} = 96,6 \text{ м}^3/\text{час}$$

Расход торфа на 1 л.с.ч.

$$\frac{75,6}{50,3} = 1,51 \text{ кг.}$$

Суточная производительность газогенератора будет:

$$75,6 \cdot 24 = 1,82 \text{ т.}$$

Объем бункера.

Объем бункера определяем по формуле:

$$V_6 = \frac{Z \cdot G_{\text{общ}}^1}{\gamma} \text{ м}^3, \text{ где:}$$

$\gamma$  — насыпной вес торфа = 484 кг.

$Z$  — число часов работы, на которое рассчитывается запас топлива в бункере = 4 ч.

$G_{\text{общ}}^1$  — часовой расход торфа = 75,6 кг.

$V_{\text{бун.}}$  — искомый объем бункера

Откуда определим необходимый объем бункера:

$$V_6 = \frac{4 \cdot 78,5}{484} = 0,626 \text{ м}^3$$

При диаметре бункера равном 800 мм. площадь бункера будет:

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} = 0,503 \text{ м}^2$$

Высота бункера будет:

$$H = \frac{V_6}{0,785 \cdot d^2} = \frac{0,626}{0,503} = 1,25 \text{ м.}$$

Определение размеров камеры сгорания.

Число фурм по конструктивным соображениям принимаем равным  $n=8$ , и диаметр фурм у входа в камеру сгорания  $d=1,0 \text{ см} = 0,010 \text{ м.}$

Определяем скорость выхода воздуха из фурм по формуле:

$$W = \frac{L'_t}{3600 \frac{\pi d^2}{4} \cdot n}, \text{ где}$$

$L'_t$  — часовой расход воздуха, отнесенный к действительным условиям температуры  $t$  возд. и давления  $p$  возд.

При температуре воздуха  $18^\circ$ ,  $L'_t$  будет равно:

$$L'_t = \frac{273 + t \text{ воз.}}{273} L' = \frac{273 + 18}{273} \cdot 96,6 = 103,0 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определяем скорость выхода воздуха из фурм:

$$W = \frac{103,0}{3600 \cdot 0,785 \cdot 0,010^2 \cdot 8} = \frac{103,0}{2,26} = 45,6 \text{ м/сек.}$$

Диаметр топливника в плоскости фурм конструктивно принимаем равным 350 мм. Определяем при этом напряженность горения по формуле:

$$q = \frac{G'_{\text{общ}}}{\frac{\pi D^2}{4}} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч.}, \text{ где}$$

$D$  — диаметр топливника — 350 мм.

$G'_{\text{общ.}}$  — часовой расход торфа — 75,6 кг/ч

$q$  — напряженность горения.

$$q = \frac{75,6}{0,785 \cdot 0,35^2} = 787 \text{ кг.}$$

Диаметр горловины топливника принимаем равным 200 мм.

Определение размеров зольника.

Объем зольника рассчитываем по следующей формуле:

$$V_{\text{зол.}} = \frac{1,3A \cdot G'_{\text{общ.}} \cdot t}{100\gamma(1-Z)} \text{ л, где:}$$

$A$  — % золы на рабочий торф.

$G'_{\text{общ.}}$  — часовой расход торфа.

$t$  — продолжительность работы без чистки зольника в часах.

$\gamma$  — удельный вес очаговых остатков.

1, 3 — коэффициент (запаса объема).

$Z$  — содержание углерода в 1 кг. очаговых остатков.

$$V_{\text{зол.}} = \frac{1,3 \cdot 8,4 \cdot 75,6 \cdot 16}{100(1,0 - 0,3) \cdot 0,8} = \frac{13200}{56} = 236 \text{ л.} = 0,236 \text{ м}^3$$

При диаметре зольника 800 мм площадь сечения его будет:

$$\frac{\pi d^2}{4} = 0,785 \cdot 0,8^2 = 0,503 \text{ м}^2.$$

Тогда высота зольника определится:

$$H = \frac{0,236}{0,503} = 0,470 \text{ м}.$$

Конструктивно принимаем высоту  $H = 0,5 \text{ м}$ .

Полученные выше конструктивные размеры газогенератора при  $W^p$  торфа = 30% и степени сжатия двигателя  $\epsilon = 4,35$ , при изменяющихся условиях этих показателей колеблются в незначительной мере, что видно из следующей таблицы:

Таблица 9.

Исходная влажность торфа в %	30	30	30	15	15	15
Степень сжатия двигателя	4,35	6,0	7,0	4,35	6,0	7,0
1. Расход сухого газа м <sup>3</sup> /ч.	139,0	143,5	144,5	132	136	137
2. Расход торфа кг/ч.	75,6	78,0	78,5	65,9	67,8	68,3
3. Скорость выхода воздуха из фурм	45,6	46,9	47,3	41,0	42,2	42,5
4. Объем бункера м <sup>3</sup> .	0,626	0,645	0,65	0,590	0,606	0,611
5. Объем зольника м <sup>3</sup> .	0,236	0,243	0,244	0,268	0,276	0,278

### 6. Механический расчет рамы баггера при размещении газогенераторной установки

Все элементы газогенераторной установки, включая и двигатель „Коммунар“, монтируются в передней части рамы баггера. Рама баггера, клепанная конструкция из швеллерного железа № 30, лежит на раме гусениц. Расположение элементов рамы в передней части и частей газогенераторной установки показано на схеме (см. рис. 6).

Здесь показаны:

Знаком  $\Delta$  — опоры.

”  $\uparrow$  — сосредоточенная нагрузка.

”  $\downarrow$  — место прикрепления подвесок.

Веса отдельных частей оборудования приняты такими:

- |                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 1. Газогенератор                | — 1700 кг. |
| 2. Циклоны — 200 × 2            | — 400 кг.  |
| 3. Охладители 150 × 3           | — 450 кг.  |
| 4. Тонкий очиститель            | — 200 кг.  |
| 5. Двигатель „Коммунар“         | — 1000 кг. |
| 6. Торф                         | — 700 кг.  |
| 7. Трубопроводы, бензин, смазка | — 300 кг.  |

Цифрами I, II, 1, 2, и 3 обозначены балки рамы. Обратив внимание на нагрузки крайних балок I и II, замечаем, что балка I нагружена значительно больше балки II, а потому рассчитывается только балка I.

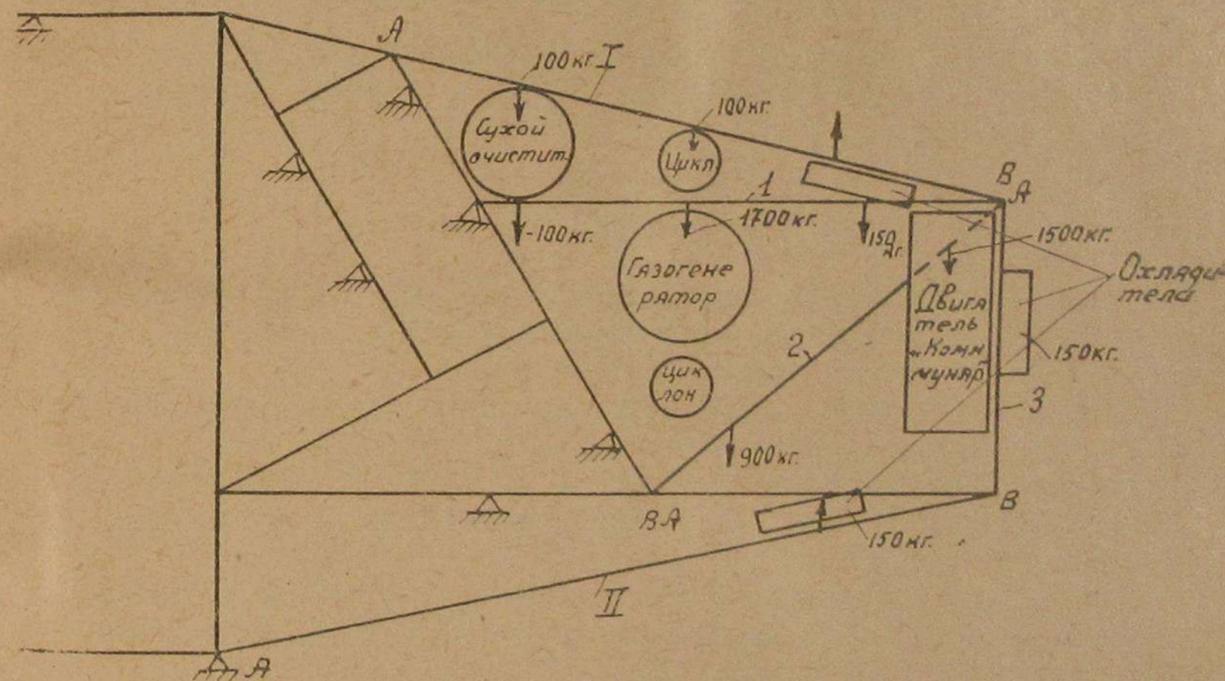


Рис. 6. Схема размещения элементов газогенераторной установки на баггере.

Рассматриваем балку, как консоль, защемленную в точке А и подвешенную на подвеске.

Кроме сосредоточенных нагрузок, указанных в схеме, балка I нагружена своим весом, полом, крышей, обслуживающим персоналом, смазочным материалом и пр.

Если допустить, что балка работает как консоль, без подвески, то подсчет напряжения изгиба в этом случае составил бы:

$$\delta_{из} = \frac{M_{max}}{W} = 2260 \text{ кг/см}^2,$$

что недопустимо даже при статических нагрузках. Следовательно, работа без оттяжек невозможна.

### Оттяжка передней части рамы.

Проведя расчет балки при существующих оттяжках 30 мм., мы получим напряжения в оттяжке:

$$\delta_{расч} = \frac{R}{F} = 895 \text{ кг/см}^2$$

И эту величину, учитывая дополнительные динамические напряжения от работы двигателя, допустить нельзя.

Для уменьшения напряжений в оттяжке, увеличиваем сечение оттяжки до 40 мм., и в этом случае получаем допустимое напряжение — 560 кг/см.<sup>2</sup>

### Оттяжка задней части рамы.

Горизонтальная составляющая силы натяжения оттяжки передней части рамы стремится согнуть стойку в сторону действия силы. Эта изгибающая сила равна:

$$N = \frac{3750}{\text{tg}32^\circ} = \frac{3750}{0,625} = 6000 \text{ кг.}$$

Сила  $N$  в данной конструкции компенсируется натяжением канатов, поднимающих ковшевую раму, и горизонтальной составляющей натяжений оттяжки задней рамы.

Найдя натяжения канатов и горизонтальную составляющую натяжения оттяжки задней части рамы, получим, что при существующем диаметре сечения задней оттяжки (25 мм) напряжение растяжения составит — 780 кг/см.<sup>2</sup>. Для данных условий такое напряжение допустимо.

Считая допустимым напряжение в задней оттяжке 560 кг/см.<sup>2</sup>, т. е. что было допущено для первой оттяжки, получим допустимый диаметр:

$$D = \sqrt{\frac{R_1 \cdot 4}{\pi \cdot \delta_p}} = \sqrt{\frac{3780 \cdot 4}{3,14 \cdot 560}} = 2,93 \text{ см., округленно}$$

принимая 30 мм.

### Расчет стойки.

Стойка состоит из швеллерного железа № 14, сжимается вертикальными составляющими натяжений обеих оттяжек и работает на продольный изгиб.

Общая сила, сжимающая стойку, будет:

$$P_{сж} = P_{1от} + P_{2от} = 3750 + 2480 = 6230 \text{ кг.}$$

Предварительно убеждаемся в возможности расчета стойки на продольный изгиб по формуле Эйлера. Степень тонкости стойки

получается больше нормы и поэтому расчет этот по формуле Эйлера оказывается возможным. В виду наклепанных в верхней части длинных косынок, стойку рассматриваем, как стержень, защемленный одним концом. Критическая нагрузка получается равной 32200 кг.

Коэффициент безопасности в данном случае получается:

$$n = \frac{K}{P_{сж}} = \frac{32200}{6230} = 5,16, \text{ что является достаточным.}$$

### Выводы

Поверочный расчет рамы показывает, что размещение газогенераторной установки на баггере, вследствие сравнительно небольшого веса ее, может быть проведено с оставлением существующей стойки без изменения.

Необходимо лишь увеличить сечения оттяжек, первой — до 40 мм., задней — до 30 мм. в диаметре.

### ГЛАВА IV

## ТЕПЛОЙ РАСЧЕТ ГАЗОГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ НА КУСКОВОМ ТОРФЕ

### I. Основные предпосылки

Обычный метод расчета стационарных газогенераторов прямого горения не подходит для расчета генераторов с опрокинутым процессом горения, так как результаты расчетов, произведенных по такому методу, обычно совершенно не сходятся с экспериментальными данными. Да и по сути говоря, при прямом и опрокинутом процессах получается совершенно отличная картина. Так, например, в газогенераторе прямого горения получающиеся продукты сухой перегонки, погоны смолы и дегтя, уксусная кислота, фенолы и др. продукты, выходят из бункера и механически смешиваются с газом основного газогенераторного процесса. Это позволяет, определив состав этих продуктов перегонки, выявить остаток углерода, переходящего в газ, по основному генераторному процессу, и простым алгебраическим сложением найти окончательный состав газа, выходящего из газогенератора.

Иное дело при опрокинутом процессе, — здесь продукты сухой перегонки проходят через зону высоких температур и в основном окисляются и сгорают; лишь частично, в результате крекирования, будут образовываться горючие составные части газа. Это касается не только жидких и парообразных продуктов дистилляции, но частично и самого газа, в частности — тяжелых углеводородов. Из этих соображений метод расчета процесса должен быть совершенно иным.

В основу нашего расчета положен метод, предложенный Научным автотракторным институтом (НАТИ), применяемый этим последним при проектировании транспортных древесных газогенераторных установок. В основу расчета по методу НАТИ принимается примерный состав газа по данным практики подобного типа установок и, исходя из этого состава, выявляются факторы, которые способствуют выходу этого газа.

Следует отметить, что в последнее время при проектировании стационарных установок и по прямому процессу считается более надежным исходить из определенного состава генераторного газа, так как состав его обычно базируется на многочисленных анализах в заводских условиях, в то время как общепринятые методы расчета газа дают данные, часто резко отличающиеся от действительности.\*) При расчете теплового баланса принимается следующее положение: реакция сухой перегонки дерева экзотермична, т. е. топливо, доведенное до 150°C не требует дополнительного подвода тепла.

Это положение освобождает от необходимости определять количество подводимого тепла для процесса сухой перегонки. В нашем случае, при расчете газогенераторной установки на торфе, есть все основания также принять это положение, так как известно, что после удаления влаги торфа при нагреве его до 150°C начинается обугливание торфа, причем в выделяющемся после этой температуры газе сухой перегонки содержится, в основном, углекислота. Это свидетельствует о протекании экзотермических реакций так же, как и при сухой перегонке древесины.

При проведении расчета установки на другом, новом топливе—торфе, в новой конструкции газогенератора, отличного от типового древесного транспортного газогенератора, расчет этот будет иметь относительное значение. Здесь весьма важно быть по возможности ближе как к объекту проектирования, так и к особенностям нового вида топлива—украинскому торфу, для которого предполагается установка в первую очередь.

Расчет этот имеет практическое значение как для выявления основных конструктивных размеров газогенератора и всей установки в целом, так и контрольного порядка (в тех случаях, где полученные результаты вызывают сомнения, например, при расчете активной зоны газогенератора, определении необходимой площади охлаждения воздухом и др.). В этом случае пришлось делать соответствующие коррективы, считаясь с практикой транспортного газогенераторостроения.

\*) Как пример можно привести следующее:

Расчет газификации торфа по методу Грум-Гржимайло дает обычно температуру генераторного газа порядка 450—500°C (т. е. то, что имеется при угольном генераторном газе), в то время как обычно температура эта бывает порядка 70—80°C и, как правило, никогда не выше 100°C.

Лучшие результаты дает расчет по методу проф. Доброхотова Н. Н., но и в этом случае данные получаются расходящиеся с практикой,—обычно содержание окиси углерода газа получается очень высоким.

## 2. Материальный и тепловой баланс газификации

Расчет ведем для торфа Кодрянской торфоразработки, для которой предназначена установка.

В основание расчета принимаем зольность торфа  $A^c = 12,0\%$ , и влажность его в 30,0% на рабочее топливо.

Состав рабочего торфа при этом будет:

$C^p$ — 34,80	$O^p$ — 20,72
$H^p$ — 4,14	$A^p$ — 8,40
$N^p$ — 1,94	$W^p$ — 30,00

Состав газа принимаем таким:

углекислоты	— $CO_2$ — 10,0 %
окиси углерода	— $CO$ — 18,4 %
водорода	— $H_2$ — 13,2 %
метана	— $CH_4$ — 2,6 %
кислорода	— $O_2$ — 0,0 %
азота	— $N_2$ — 55,8 %
Итого . . . 100,0 %	

Низшая теплотворная способность такого газа будет:

$$Q_{p_n} = 1121 \text{ кал/м}^3$$

Расчет газификации ведем в молекулярных объемах. Вес 100 молей газа будет:

$$G \text{ газ} = 2585 \text{ кг.}$$

Удельный вес газа при 0° С и 760 мм рт. ст.

$$\gamma = 1,155 \text{ кг/м}^3$$

Расчетом находим такие данные:

1. Общий вес торфа в 100 кг. мол. газа . . . 1218 кг
2. Выход сухого газа из 1 кг. топлива . . . . . 1,84 м<sup>3</sup>/кг
3. Выход влажного газа из 1 кг. топлива . . . 2,34 м<sup>3</sup>/кг
4. Количество очаговых остатков при генерировании 100 молей газа . . . . . 146 кг
5. Вес воздуха при генерировании 100 мол. газа . . . . . 2020 кг
6. Вес воды, заключенной в генераторном газе . . . . . 490 кг
7. Абсолютная влажность генераторного газа . . . . . 171 г/м<sup>3</sup>, что делает газ насыщенным при . . . . . 62° С.

На основании этих данных составляем материальный баланс.

Материальный баланс процесса для 100 молей генераторного газа.

Приход.

Вес влажного топлива . . . . .	1218 кг
Вес воздуха (сухого) . . . . .	2020 кг
Итого . . . . .	3238 кг

Расход.

Вес сухого генераторного газа . . . . .	2585 кг
Вес его влаги . . . . .	490 кг
Вес очаговых остатков . . . . .	146 кг
Итого . . . . .	3221 кг

Расхождение в балансе:

$$\frac{(3238 - 3221) 1000}{3238} = \frac{1700}{3238} = 0,53 \%$$

Коэффициент полезного действия газогенератора.

Теплотворная способность рабочего торфа, по формуле Д. И. Менделеева, будет:  $Q_n^p = 3095$  кал.  
К. п. д. газификации:

$$\eta = \frac{2240 \cdot Q_{газ} \cdot 100}{G_{общ} \cdot Q_n^p} = \frac{2240 \cdot 1121 \cdot 100}{1218 \cdot 3095} = 66,8\%$$

Тепловой расчет.

Тепловой расчет проводим, в соответствии с методом НАТИ, по тепловым эффектам образования отдельных компонентов газа.

Приход тепла:

1) От сгорания в углекислоту:

$$U_{CO_2} = 96720 \cdot CO_2 = 96720 \cdot 10,0 = 967200 \text{ кал.}$$

2) От сгорания в окись углерода (с учетом образования части окиси углерода по реакции водяного газа):

$$U_{CO} = 28500 (CO - H_{H_2O}) = 28500(18,4 - 8,86) = 272000 \text{ кал.}$$

3) От образования метана:

$$U_{CH_4} = 21550 \cdot CH_4 = 21550 \cdot 2,6 = 56000 \text{ кал.}$$

Итого в приходе 1295200 кал.

Расход тепла.

1) Реакция водяного газа:

$$U_{CO+H_2} = 29330 H_{H_2O} = 29330 \cdot 8,86 = 260000 \text{ кал.}$$

2) Теплота испарения воды:

$$U_{вода} = 10710 (GH_2O + 20г. + G_{пар}) = 10710 (20,3 + 2 \cdot 7,88) = 386000 \text{ кал. } (G_{пар} = 0)$$

3) Внешние потери на лучеиспускание и охлаждение. Внешние потери на охлаждение складываются из потерь на лучеиспускание и конвекцию в окружающую среду.

$$U_{охл} = U_l + U_k \text{ кал.}$$

Потери конвекцией.

Потери конвекцией, согласно закона Фурье, равны:

$$U_k = \Sigma K F (t - t_0) z \text{ кал, где}$$

$K$  — коэффициент, определяющий конвекционные потери  $1 м^2$  поверхности за час при разнице температур между этой поверхностью и окружающим воздухом в  $1^{\circ}C$ .

$F$  — поверхность рассматриваемой части генератора в  $м^2$ .

$t$  — средняя температура поверхности части газогенератора;

$t_0$  — температура окружающей среды;

$z$  — число часов необходимое для образования 100 молей газа.

Коэффициент  $K$  определим по формуле:

$$K = a \sqrt[4]{t - t_0}, \text{ где}$$

значение  $a$  находим по таблице интерполированием.

Определим потери конвекцией цилиндрической части газогенератора.

Общая высота газогенератора без крышки 3,1 м.

Время газификации для получения 100 молей газа, принимая во внимание, что в среднем получается  $139 м^3$  сухого газа в час, (см. выше), будет:

$$Z = \frac{2240}{139} = 16,1 \text{ часа.}$$

Средние температуры цилиндрической части газогенератора в отдельных наружных участках (после изоляции асбестовым картоном стенок его и устройства теплонепроницаемой прослойки в зольнике), исходя из данных опытных исследований, принимаем такими:

В охлаждающей части бункера высотой 0,5 м  
 $(45 + 65) : 2 = 55^{\circ}C$ .

В обогреваемой части бункера высотой 1,10 м.  
(65+145):2=105°C.

В нижней части конуса бункера  
и топливника высотой 1,00 м. . . . 150 С.

В зольнике высотой 0,5 м . . . . . 115°C.

Исходя из этих величин, мы получим средние температуры:

В бункере при диаметре 0,9 м.

$$\frac{55 \cdot 0,5 + 105 \cdot 1,1}{1,6} = 90^\circ\text{C}.$$

В остальной части газогенератора при диаметре 0,8 м

$$\frac{150 \times 1,0 + 115 \times 0,5}{1,5} = 138^\circ\text{C}$$

Значение  $\alpha$  находим интерполированием:

$$2,16 - 0,2(3,1 - 2,0) = 2,16 - 0,22 = 1,94$$

Температуру окружающей среды, учитывая работу в летний период, примем в 18°C.

Теперь мы можем найти  $K$ :

$$K_1 = 1,94 \sqrt[4]{90 - 18} = 5,65 \quad K_2 = 1,94 \sqrt[4]{138 - 18} = 6,43$$

Боковая поверхность газогенератора равна:

$$F_1 \text{ бункера} = \pi \cdot D \cdot H = 3,14 \cdot 0,8 \cdot 1,6 = 4,02 \text{ м}^2$$

$$F_2 \text{ остальной части газогенератора} = 3,14 \cdot 0,9 \cdot 1,5 = 4,51 \text{ м}^2$$

Имеем все, чтобы рассчитать конвекционные потери цилиндрической части газогенератора. Они выразятся:

В бункере:

$$U'_k = K_1 F(t - t_0)z = 5,65 \cdot 4,02 \cdot 72 \cdot 16,1 = 26400 \text{ кал.}$$

В остальной части:

$$U''_k = K_2 \cdot F(t - t_0)z = 6,43 \cdot 4,51 \cdot 120 \cdot 16,1 = 56000 \text{ кал.}$$

Переходим к расчету конвекционных потерь днищ.

$$\text{Площадь верхнего днища} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,785 \cdot 0,9^2 = 0,636 \text{ м}^2$$

$$\text{нижнего} \quad \quad \quad = 0,785 \cdot 0,8^2 = 0,502 \text{ м}^2$$

Температуру верхнего днища принимаем в 40°C, а нижнего в 125°C.

Принимая  $\alpha = 1,75$ , получим:

$$K_1 = 1,75 \sqrt[4]{40 - 18} = 3,78$$

$$K_2 = 1,75 \sqrt[4]{125 - 18} = 5,72$$

Потери конвекцией:

Верхнего днища

$$U''_k = K \cdot F(t - t_0)z = 3,78 \cdot 0,636 \cdot 22 \cdot 16,1 = 850 \text{ кал.}$$

Тоже нижнего днища:

$$U'''_k = 5,72 \cdot 0,502 \cdot 107 \cdot 16,1 = 4950 \text{ кал.}$$

Все потери газогенератора на конвекцию равны:

$$26400 + 56000 + 850 + 4950 = 88200 \text{ кал.}$$

Потери лучеиспусканием.

Потери эти определяем отдельно в боковой поверхности газогенератора, и отдельно — в обоих днищах. Для расчета потерь лучеиспусканием в цилиндрической части пользуемся формулой:

$$U'_l = \frac{20 \cdot F \cdot C \cdot Z}{T_1 - T_0} \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^5 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^5 \right] \text{ кал., где:}$$

$F$  и  $Z$  обозначают то же, что и в приведенных выше расчетах.

$T_1$  и  $T_0$  — абсолютные температуры в частях газогенератора.

$C$  — коэффициент лучеиспускания железа = 2,77.

Формула эта выведена согласно закона Стефан-Больцмана, когда излучение тепла происходит в открытом месте и когда изменение температуры по высоте следует по закону прямой.

Для того чтобы воспользоваться этой формулой в нашем случае, разбиваем боковую поверхность газогенератора на три части с такой температурной характеристикой:

Верхний участок — высота 1,0 м  $T_0 = 318^\circ\text{C}$   $T_1 = 363^\circ\text{C}$

Средний участок — высота 0,9 м  $T_0 = 363^\circ\text{C}$   $T_1 = 463^\circ\text{C}$

Нижний участок — высота 1,2 м  $T_0 = 463^\circ\text{C}$   $T_1 = 373^\circ\text{C}$

Участки эти имеют такие диаметры: верхний — 0,9 м, нижний — 0,8 м, средний — и тот, и другой.

Площадь этих участков будет:

$$\text{верхнего} = 3,14 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 2,82 \text{ м}^2$$

$$\text{нижнего} = 3,14 \cdot 0,8 \cdot 1,2 = 3,01 \text{ м}^2$$

$$\text{среднего} = 8,53 = (2,82 + 3,01) = 2,7 \text{ м}^2$$

Потери на лучеиспускание цилиндрической части тогда выражаются:

$$U_{\lambda} = \frac{20 \cdot 2,82 \cdot 2,77 \cdot 16,1}{363 - 318} (3,63^5 - 3,18^5) + \frac{20 \cdot 2,7 \cdot 2,77 \cdot 16,1}{463 - 363} \cdot (4,63^5 - 3,63^5) + \frac{20 \cdot 3,01 \cdot 2,77 \cdot 16,1}{463 - 373} (4,63^5 - 3,73^5) =$$

$$= 20 \cdot 2,77 \cdot 16,1 \left[ 2,82 \frac{(3,63^5 - 3,18^5)}{45} + 2,7 \frac{(4,63^5 - 3,63^5)}{100} + 3,01 \frac{(4,63^5 - 3,73^5)}{90} \right] = 95320 \text{ кал.}$$

Теплоту лучеиспускания верхнего днища газогенератора определим по формуле:

$$U''_{\lambda} = F \cdot C_1 \cdot Z \left( \frac{T}{100} \right)^4 = 0,636 \cdot 2,77 \cdot 16,1 \cdot 3,13^4 = 2730 \text{ кал.}$$

Теплоту лучеиспускания нижнего днища газогенератора определяем по другой формуле, поскольку нижнее днище обращено к земле и получает от этой последней тепло отражения:

$$U_{\lambda}''' = \frac{F \cdot Z \cdot \left[ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 \right]}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C}}, \text{ где:}$$

- T — абсолютная температура днища;
- T<sub>1</sub> — абсолютная температура земли;
- C<sub>1</sub> — коэффициент лучеиспускания днища = 2,77;
- C<sub>2</sub> — коэффициент лучеиспускания земли = 3,14;
- C — коэффициент лучеиспускания абсол. черного тела = 4,96

$$U''_{\lambda} = \frac{0,502 \cdot 16,1 (3,98^4 - 2,91^4)}{\frac{1}{2,77} + \frac{1}{3,14} - \frac{1}{4,96}} = \frac{0,502 \cdot 16,1 \cdot (257 - 71,5)}{0,36 + 0,32 - 0,20} = 3120 \text{ кал.}$$

Всего потерь на лучеиспускание:

$$U_{\lambda} = U'_{\lambda} + U''_{\lambda} + U'''_{\lambda} = 95320 + 2730 + 3120 = 101170 \text{ кал.}$$

Общие потери на охлаждение газогенератора составят:

$$U_{\text{окл}} = U_{\kappa} + U_{\lambda} = 88200 + 101170 = 189370 \text{ кал.}$$

Перейдем к результативной части расчета — определим температуру газа.

Уравнение теплового баланса следующее:

$$U_{\text{co}_2} + U_{\text{co}} + U_{\text{сн}_4} = U_{\text{co} + \text{н}_2} + U_{\text{вод}} + U_{\text{охл}} + U_{\text{газ}}$$

Подставляя вышеполученные значения, получим:

$$U_{\text{газ}} = 1295200 - 260000 - 386000 - 189370 = 459830 \text{ кал.}$$

Найдя объемные содержания составляющих генераторный газ, мы можем рассчитать и среднюю теплоемкость:

$$C_p = 7,345 + 0,000920$$

что позволяет получить искомую температуру выходящего газа по уравнению:

$$U_{\text{газ}} = C_p (100 + \text{H}_2\text{O}) \cdot t$$

$$459830 = (7,345 + 0,000920) \cdot (100 + \text{H}_2\text{O}) t = (7,345 + 0,000920) \cdot 127,2t = 935t + 0,117t^2;$$

$$0,117t^2 + 935t - 459830 = 0$$

$$t = \frac{-935 + \sqrt{935^2 + 4,0 \cdot 0,117 \cdot 459830}}{2 \cdot 0,117} = \frac{-935 + \sqrt{875000 + 215000}}{0,234} = \frac{-935 + 1045}{0,234} = \frac{110}{0,234} = 470^{\circ}\text{C.}$$

### 3. Расчет высоты активной зоны газогенератора

Расчет ведем на двигатель „Коммунар“ 90 л. с. При вышеприведенных расчетах производительности двигателя на газ имеет место падение мощности, различное при различных степенях сжатия двигателя и исходной влажности торфа. При расчете высоты активной зоны будем исходить из необходимости обеспечить мощность в указанных пределах, в первую очередь для торфа с  $W^p = 30\%$  и степенью сжатия двигателя  $\epsilon = 4,35$ .

Основные потребные для расчета показатели при этих данных будут, как это было принято и найдено выше, следующие:

Таблица № 10

Показатели	
1. Состав сухого газа в %%	
углекислоты . . . . .	10,0
окиси углерода . . . . .	18,4
водорода . . . . .	13,2
метана . . . . .	2,6
азота . . . . .	55,8
	100,0
2. Теплотворная способность газа	
$Q_n^p$ кал-м <sup>3</sup> . . . . .	1121
3. Выход сухого газа м <sup>3</sup> /кг . . . . .	1,84
4. Удельный расход торфа кг/л. с. ч. . . . .	1,51
5. Общий расход торфа кг/ч . . . . .	75,6

Если обозначить:

$R$  — напряжение зеркала горения в  $кг \cdot м^2$  час,  
 $F$  — площадь сечения шахты, то при 30% влаги торфа

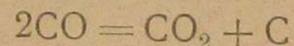
$$R \cdot F = 75,6 \text{ кг.}$$

Дальнейший расчет ведем согласно аналитическому методу, предложенному НАТИ

Обозначим под  $A$  количество  $м^3$  газа, выделяющегося из зоны горения и подлежащего восстановлению в течении 1 часа, и под  $B$  количество  $м^3$  газа, проходящего в это время, но не участвующего в реакциях восстановления (азот воздуха, продукты сухой перегонки и пр.). Тогда можно написать такое равенство:

$$A + B = 139 \text{ м}^3$$

Основной процесс газификации в газогенераторе проходит по реакции:



Как видно из реакции, при переходе газа из зоны горения в зону восстановления, происходит увеличение объема его за счет восстановления окиси углерода, причем каждому  $м^3$   $CO^2$  в верхней камере зоны горения соответствуют  $2 м^3$  окиси углерода в нижнем сечении зоны восстановления.

Образующаяся окись углерода по уравнению водяного газа  $H_2O + C = CO + H_2$  не меняет объемных соотношений по реакции восстановления углекислоты, так как в этой реакции каждому объему водорода (если считать, что весь водород получен по этой реакции) соответствует объем окиси углерода.

В составе газа мы имеем 18,4 объемных частей окиси углерода, они соответствуют 9,2 объемным частям углекислоты в плоскости фурм.

При получении газа в количестве  $139,0 м^3$  в верхнем сечении зоны соответственно будут такие количества газа:

$$(A + B) = \frac{139 (100 - 9,2)}{100} = 126 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Среднее количество газа будет:

$$(A + B)_{\text{ср.}} = \frac{139,0 + 126}{2} = 132,5 \text{ м}^3.$$

Высота активной зоны определяется из кинематического равновесия газов при условии, что скорость продвижения газа

в камере сгорания будет соответствовать скорости химических реакций:

$$H = \frac{(A + B) \cdot t}{\mu \cdot F}, \text{ где:}$$

$H$  — искомая высота активной зоны;  
 $\mu$  — коэффициент заполнения зоны топливом;  
 $F$  — сечение зоны восстановления в  $м^2$ ;  
 $t$  — время в секундах.

Коэффициент заполнения  $\mu$  определяем из такого уравнения:

$$\mu = 1 - \frac{G}{\gamma \cdot 100}, \text{ где:}$$

$G$  — будет сыпным весом топлива в  $кг/м^3$ ;  
 $\gamma$  — удельный вес топлива.

Для кодрянского торфа, с величиной кусков в 5 — 7 см., мы будем иметь, согласно произведенных подробных расчетов, такие данные для  $G$  и  $\gamma$ :

Влажность торфа в %	Сыпной вес торфа $кг/м^3$	Удельный вес торфа
30%	484	0,647
15%	447	0,597

Тогда получим соответственные значения для  $\mu$ :

$$\mu = 1 - \frac{484}{1000 \cdot 0,647} = 0,25$$

При влажности торфа в 15%  $\mu$  не изменится и будет иметь то-же значение 0,25.

Выбираем диаметр топливника у фурменного пояса равным 350 мм; это соответствует площади сечения у плоскости фурм.

$$F = 0,785 \cdot 0,35^2 = 0,096 \text{ м}^2$$

Определим скорость продвижения газов в активной зоне:

$$V_{\text{ср.}} = \frac{(A + B)_{\text{ср.}}}{\mu \cdot F \cdot 3600} = \frac{132,5}{0,25 \cdot 0,096 \cdot 3600} = 1,54 \text{ м/сек.}$$

Состав нашего газа включает:

CO — 18,4%  
 CO<sub>2</sub> — 10,0%

Процентное отношение в смеси CO и CO<sub>2</sub>:

окиси углерода CO — 64,8%  
 углекислоты CO<sub>2</sub> — 35,2%

Подсчеты по таблицам, составленным по уравнению равновесной реакции Будуара, показывают, что соотношения окиси углерода и углекислоты в газе соответствуют температуре несколько выше 600° С.

Определим количество газообразных продуктов, участвующих в реакции.

При содержании в газе 18,4% СО, газогенератор должен произвести окиси углерода:

$$139 \cdot 0,184 = 25,6 \text{ м}^3,$$

что соответствует восстановлению углекислоты в 1 сек.

$$\frac{25,6}{3600 \cdot 2} = 0,00356 \text{ м}^3 \text{ сек.}$$

Принимая среднюю скорость реакции восстановления углекислоты в 6,6 литр/сек., получим, что необходимое время пребывания продуктов горения в слое топлива равно:

$$\frac{0,00356}{0,0066} = 0,54 \text{ сек.}$$

Откуда высота активной зоны газогенератора определится:

$$H = 1,54 \cdot 0,54 = 0,830 \text{ м.}$$

Подсчеты высоты активной зоны аналогичным путем при иных исходных данных и соответствующие им напряжения горения показывают следующую картину:

Таблица № 11.

Исходная влажность торфа в % . . . . .	30	30	30	15	15	15
Степень сжатия двигателя . . . . .	4,35	6,0	7,0	4,35	6,0	7,0
Высота активной зоны в мм. . . . .	830	894	896	888	895	906
Напряженность горения (в плоскости фурм) кг/м <sup>2</sup> час	787	811	817	684	704	710

Высота активной зоны получается высокой, в пределах 830—900 мм., что трудно достижимо на практике.

Считаем, что эту величину придется найти в порядке экспериментального исследования, для чего мы конструктивно должны обеспечить возможность ее изменения как в начале, так и во время работы газогенератора, путем изменения высоты колосниковой решетки.

#### 4. Подсушка торфа в бункере

Поверхность охлаждаемой части бункера будет:

$$F = \pi \cdot d \cdot l = 3,14 \cdot 0,9 \cdot 0,5 = 1,41 \text{ м}^2.$$

Здесь:

$F$  — поверхность охлаждаемой части бункера в м<sup>2</sup>.

$d$  — диаметр охлаждаемой части в м.

$l$  — высота охлаждаемой части в м.

В бункере имеется некоторое, хоть небольшое, разрежение.

Примем давление конденсирующегося водяного пара в 0,98 кг/м<sup>2</sup>.

По паровой таблице находим, что это будет соответствовать температуре пара 98,5°С.

Температуру окружающего воздуха принимаем, как и выше, 18°С.

Разность температур между конденсирующимся паром и охлаждающим воздухом будет:

$$\delta_{cp} = 98,5 - 18 = 80,5^{\circ}$$

Коэффициент теплопередачи рассчитываем по Гаусбранду, по формуле:

$K = 2 + 10\sqrt[3]{V^2}$ , где  $V$  — средняя скорость охлаждающего воздуха.

$V$  примем 5 м/сек.

$$K = 2 + 10\sqrt[3]{5^2} = 2 + 10\sqrt[3]{25} = 2 + 10 \cdot 2,92 = 31,2$$

Количество тепла, которое можно отнять при данной охлаждаемой поверхности, будет:

$$Q = K \cdot F \cdot \delta_{cp} = 31,2 \cdot 1,41 \cdot 80,5 = 3540 \text{ кал.}$$

Скрытое тепло испарения—1 кг водяного пара при  $t = 98,5$ —540,6 кал.

Количество конденсирующейся влаги в кг в час, следовательно, будет:

$$G_{вл} = \frac{3540}{540,6} = 6,50 \text{ кг/ч.}$$

По отношению к исходной гигроскопической влажности торфа подсушка его составит:

$$\text{при } 30\% \text{ влажности торфа } \frac{6,50 \cdot 100}{75,6 \cdot 0,30} = 28,6\%$$

$$\text{при } 15\% \text{ влажности торфа } \frac{6,50 \cdot 100}{66,0 \cdot 0,15} = 65,8\%$$

В практических условиях подсушка торфа окажется, очевидно, менее эффективной по таким причинам: 1) диаметр бункера значительных размеров, а охлаждение производится снаружи, к

тому-же через вторую боковую поверхность, и 2) трудно обеспечить удаление через устроенные жалюзи бункера всей конденсирующейся влаги.

Каковым будет этот поправочный коэффициент—покажет практика. Однако, не подлежит сомнению, что положительный эффект от подсушки торфа будет иметь место за счет физического тепла газа. Этим же самым будет облегчаться и необходимое охлаждение его в дальнейшей аппаратуре установки.

Подсушка торфа в газогенераторе будет происходить как во время работы двигателя, так и во время остановок, особенно длительных (от одного дня к другому). В последнем случае будет использоваться тепло внутри газогенератора, особенно его активной зоны.

Высокая температура газа у выхода из газогенератора, получаемая тепловым расчетом при хорошей изоляции газогенератора, возможно, позволит увеличить охлаждаемую поверхность бункера за счет подогреваемой. Соотношение этих поверхностей, как и потребное количество и размеры отверстий жалюзи бункера, необходимо будет выявить в дальнейшем экспериментальными наблюдениями.

## 5. Расчет охлаждения газа

### Охлаждение в циклонах.

По схеме установки, ставится параллельно или последовательно после газогенератора два циклона.

Поверхность охлаждения циклона рассчитываем по формуле:

$$F = \pi \cdot D \cdot H + \frac{\pi D^2}{4} + \pi \cdot \left(\frac{D+d}{2}\right) \sqrt{\frac{(D-d)^2}{4} + h^2} + \frac{\pi d^2}{4}, \text{ где:}$$

$D$  и  $d$  — верхний и нижний диаметры циклона.  
 $H$  и  $h$  — высоты его.

$$D = 0,5 \text{ м.; } d = 0,1 \text{ м.; } H = 0,5 \text{ м.; } h = 0,6 \text{ м.}$$

$$F = 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,5 + 0,785 \cdot 0,5^2 + 3,14 \left(\frac{0,5+0,1}{2}\right) \sqrt{\frac{0,5-0,1^2}{2} + 0,6^2} + 0,785 \cdot 0,1^2 \cong 1,6 \text{ м}^2$$

Поверхность обоих циклонов будет, следовательно, равна  $3,2 \text{ м}^2$ .  
Определяем температуру, до которой охладится газ в циклонах по формуле:

$$F = \frac{V_{\text{газ}} \cdot C_{\text{газ}} (T_1 - T_2) + G_{\text{вл}} \cdot 0,477 (T_1 - T_2)}{K \left(\frac{(T_1 + T_2)}{2} - t_{\text{воз}}\right)}$$

$K$  — коэффициент теплопередачи для скорости газа  $10 \text{ м/сек.}$  и воздуха  $5 \text{ м/сек} = 14,1$

$G_{\text{вл}}$  — вес влаги в часовом объеме газа:

$$0,219 \cdot 139 = 30,5 \text{ кг.}$$

Так как в верхней части бункера конденсируется  $6,5 \text{ кг.}$  влаги в час, то:

$$G_{\text{вл}} = 30,5 - 6,5 = 24 \text{ кг/час}$$

Подставляя значения входящих в формулу величин, получим:

$$3,2 = \frac{139,0 \cdot 0,34 (470 - T_2) + 24 \cdot 0,477 (470 - T_2)}{14,1 \left(\frac{470 + T_2}{2} - 18\right)}$$

$$1,6 \cdot 14,1 (470 + T_2 - 36) = (470 - T_2) \cdot (47,26 + 11,45)$$

$$T_2 = 218^\circ \text{C}$$

Перепад тепла в циклонах  $470 - 218 = 252^\circ$

### Охлаждение в воздушных холодильниках.

В воздушные охладители газ поступает после циклонов, предварительно охладившись в них до  $218^\circ \text{C}$ . В холодильниках газ нужно охладить до  $40^\circ \text{C}$ .

Метод расчета теплопередачи для данного случая сложный, так как мы имеем смесь газа с парами при начальной температуре выше температуры конденсации пара, и при конечной температуре — ниже температуры конденсации.

Расчет ведем в две стадии.

В первой стадии паро-газовая смесь охлаждается до точки росы, при этом освобождается некоторое количество тепла, соответственно понижению температуры смеси.

Во второй стадии идет охлаждение газа до конечной температуры, причем, кроме видимого тепла, освобождается скрытая теплота в результате конденсации.

Часовое количество газа по весу:

$$139,0 \cdot 1,155 = 160 \text{ кг/ч.}$$

Количество влаги в часовом объеме газа —  $24 \text{ кг.}$   
Парциальное давление сырого газа:

$$\frac{24}{160 + 24} = 0,13 \text{ атм.}$$

Точка росы —  $51^\circ \text{C}$ .

Первая стадия охлаждения.

Количество отдаваемого тепла.

$$Q_1 = G_{\text{газ}} \cdot C_{\text{газ}} (T_{\text{газ}} - T_1) + G_{\text{пар}} \cdot C_{\text{пар}} (T_{\text{нач}} - T_1)$$

$$Q_1 = 160 \cdot 0,27(218 - 51) + 24 \cdot 0,47(218 - 51) = 167(43,2 + 11,3) = 9100 \text{ кал/час.}$$

Вторая стадия охлаждения.

Парогазовая смесь с  $51^\circ\text{C}$  охладится до  $40^\circ\text{C}$ , при одновременной конденсации паров.

$$Q_2 = G_{\text{газ}} (i_{\text{нач}} - i_{\text{кон}})$$

$$i = 0,24t + \frac{a}{1000} (595 + 0,47t) \text{ кал к.}$$

$a$  — влагосодержание в газе в  $\text{гр/кг. сух. газа}$

$$a_{\text{нач}} = \frac{24000}{160} = 150; \quad a_{\text{кон}} = \frac{63,1}{1,155} = 54,5;$$

$$Q_2 = 160[0,24 \cdot 0,51 + 0,150(595 + 0,47 \cdot 51) - 0,24 \cdot 40 - 0,0545 \cdot (595 + 0,47 \cdot 40)] = 160(12,24 + 93,0 - 9,6 - 33,4) = 9960 \text{ кал.}$$

Всего подлежит отнять тепла путем охлаждения:

$$Q_1 + Q_2 = 9100 + 9960 = 19060 \text{ кал/час.}$$

Охлаждение предусматриваем естественное, воздухом. Скорость воздуха  $5 \text{ м/сек.}$

Поверхность охлаждения воздухом приближенно найдем из такого расчета:

$$F = \frac{\pi \cdot d}{2} L \cdot Z, \text{ где:}$$

$F$  — поверхность прохождения воздуха в  $\text{м}^2$ ,  
 $d$  — диаметр трубок воздушного охладителя  
 $L$  — длина трубок —  $1,5 \text{ м.}$   
 $Z$  — число трубок —  $16$

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,050 \cdot 1,5 \cdot 16}{2} = 1,88 \text{ м}^2$$

Для двух охладителей поверхность будет  $= 3,75 \text{ м}^2$ .  
Количество воздуха в час:

$$3600 \cdot 5 \cdot 3,75 = 67500 \text{ м}^3/\text{час}$$

В  $\text{кг.}$ , с учетом расширения:

$$\frac{67500 \cdot 1,293 \cdot 273}{273 + 18} = 82200 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Определим конечную температуру нагрева воздуха:

$$G_{\text{воз}} \cdot C_{\text{воз}} (T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}) = 19060$$

$$82200 \cdot 0,24 (T_{\text{кон}} - 18) = 19060$$

$$T_{\text{кон}} - 18 \cong 1,0 \quad T_{\text{кон}} = 19,0^\circ\text{C.}$$

Первая стадия охлаждения.

Определим коэффициент теплопередачи  $K$ .

Частный коэффициент теплоперехода от стенки к воздуху для случая движения воздуха поперек пучка труб будет найден из формулы:  $\alpha_{\text{воз}} = K \cdot F(\omega \cdot p)^n \cdot d^{n-1}$ \*

Расчетом находим:

$$\alpha_{\text{воз}} = 0,22 \cdot 129 \cdot 2,8 \cdot 4,7 = 46,6 \text{ кал.}$$

Частный коэффициент теплоперехода от газов к стенке найдем по формуле:

$$\alpha_{\text{газ}} = 22,6 L^{-0,05} \cdot a^{-0,16} (\omega \cdot p)^{0,79} \text{ в кал/м}^2 \text{ час}$$

Подставляя значение соответствующих величин, найдем:

$$\alpha = 22,6 \cdot 1,5^{-0,05} \cdot 50^{-0,16} \cdot 10^{0,79} \cdot 0,14 = 22,6 \cdot 0,98 \cdot 1,62 \cdot 6,25 \cdot 0,14 = 31,4 \text{ кал.}$$

Общий коэффициент теплопередачи найдем по формуле:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{воз}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{газ}}}} \text{ где,}$$

$\alpha_{\text{воз.}}$  и  $\alpha_{\text{газ.}}$  — частные коэффициенты теплоперехода для воздуха и газа, найденные выше.

$\delta$  — толщина стенки  $= 0,005 \text{ м.}$

$\lambda$  — частный коэффициент теплоперехода через железную стенку  $= 50 \text{ кал.}$

Подставляя эти значения, окончательно, получим:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{46,6} + \frac{0,005}{50} + \frac{1}{31,4}} = \frac{1}{0,022 + 0,0001 + 0,032} = \frac{1}{0,0541} = 18,5 \text{ кал м}^2/\text{час.}$$

\*) Инж. Г. А. Аронс. „Теплоиспользующие аппараты“. М. 1935 г. стр. 13

Средняя логарифмическая разность равна:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}$$

$$\Delta t_1 = 218 - 19 = 199^\circ; \quad \Delta t_2 = 51 - 18 = 33^\circ$$

По номограмме находим, что при этих величинах логарифмическая разность составит  $91^\circ$ .

Следовательно, необходимая площадь охлаждения найдется при помощи следующего уравнения:

$$9100 = 18,5 \cdot F \cdot 91, \text{ откуда:}$$

$$F = \frac{9100}{18,5 \cdot 91} = 5,4 \text{ м}^2$$

Вторая стадия охлаждения.

Подлежит отнять, согласно вышеприведенного расчета — 9960 кал. Берем средне-арифметическую разность температур

(поскольку отношение  $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$  меньше 2-х):

$$t_{\text{ср}} = \frac{51 + 40}{2} - \frac{18 + 19,0}{2} = 27^\circ$$

Общий коэффициент теплопередачи найдем из вышеприведенной формулы:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{возд.}}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{парогаз.}}}}$$

$\alpha_{\text{возд.}}$  — мы нашли выше, оно равно 46,6.

$\delta$  и  $\lambda$  — имеют те же значения, что и выше.

$\alpha_{\text{парог.}}$  — коэффициент теплоперехода от смеси газов и водяных паров (поскольку будет происходить их конденсация), находим по кривой Альперта:\*)

$$\alpha_{\text{парогаз.}} = 700.$$

Следовательно:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{46,6} + \frac{0,005}{50} + \frac{1}{700}} = \frac{1}{0,022 + 0,0001 + 0,0014} = \frac{1}{0,0235} = 42,5 \text{ кал}$$

1\*). Инж. Г. А. Аронс. „Теплоиспользующие аппараты“, стр. 21.

Потребная площадь найдется из уравнения:

$$9960 = 42,5 \cdot F \cdot 27; \text{ откуда: } \frac{9960}{42,5 \cdot 27} = 8,7 \text{ м}^2.$$

Общая потребная поверхность охладителей:

$$5,4 + 8,7 = 14,1 \text{ м}^2.$$

Поверхность охлаждения тонкого очистителя равна:

$$F = \pi D \cdot l + \frac{2\pi D^2}{4} = 3,14 \cdot 0,6 \cdot 2,0 + 2 \cdot 0,785 \cdot 0,36 = 4,3 \text{ м}^2.$$

Поверхность газопроводов — около  $1,5 \text{ м}^2$ .

Следовательно, общая поверхность воздушных газоохладителей должна быть:

$$14,1 - 5,8 = 8,3 \text{ м}^2$$

Требуется два воздушных холодильника. Ставим с запасом три.

## ГЛАВА V

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ОПРОБОВАНИЯ УСТАНОВКИ

Сооружение газогенераторной установки по вышеприведенному проекту было проведено в главных мастерских Укрторфтреста и закончено в конце сентября 1937 г.

Принимая во внимание, что установка представляет собой первую опытную модель торфяного газогенератора, в целях скорейшего выявления наиболее работоспособной конструкции и более успешного ее опробования было выполнено следующее: 1) изготовлены 2 варианта колосниковой решетки, 3 варианта топливника, предусмотрена возможность выхода газа в циклоны параллельным и последовательным потоком, и 2) было решено провести предварительные испытания всей установки на стенде. Сооружение последнего было проведено с таким расчетом, чтобы газогенераторная установка, со всеми частями и газопроводом, могла быть перенесена в дальнейшем без всяких изменений на баггер.

В настоящее время опробования и испытания установки проведены лишь частично. Будучи начаты на двигателе „Коммунар“ 90 л. с., они не могли быть продолжены и доведены на нем до конца вследствие неисправности двигателя (наличие сработанных цилиндров и больших зазоров между этими последними и поршнями, ввиду чего отсутствовала компрессия и двигатель работать не мог).

Вследствие этого решено было, впредь до проведения капитального ремонта „Коммунара“, опробования установки проводить

на другом двигателе, для чего и был использован трактор ЧТЗ 60.

Проведенные до сих пор опробования установки на бучанском (торф осоково-тростниковый, средней степени разложения, влажностью  $W^p$  в 29—38% и зольностью  $A^c$  в 12—13%) и кодрянском торфе (торф гипново-осоковый, степень разложения ниже средней, влажностью 32—35% и зольностью  $A^c$  в 7—8%) дали возможность: 1) установить основные факторы, которые обеспечивают нормальный процесс газификации и получение безсмоляного горючего газа в данной конструкции газогенераторной установки; 2) проверить ряд основных принципиальных вопросов, легших в основание ее проектирования, и 3) освоить в основном бесперебойную работу установки на „холостую“.

Испытания под нагрузкой на двигателе ЧТЗ-60 провести пока не удалось вследствие отсутствия на тракторе устройства трансмиссионного шкива для передачи нагрузки. Эти испытания намечены к проведению в ближайшее время в тех же мастерских УТТ.

Основные условия, обеспечивающие нормальный процесс газификации при работе на торфах вышеотмеченных характеристик, следующие:

1) Высота активной зоны не должна быть слишком большой, не выше 500 мм. Кокс должен располагаться в топливнике плотным слоем. Между колосниковой решеткой и топливником разрывов, особенно значительных допускать не следует; как правило, колосниковая решетка должна быть расположена в притык к топливнику.

2) Необходим предварительный хороший розжиг газогенератора. Температура газа по выходе из топливника, замеряемая термопарой у фурм, должна быть не ниже 280—300° С.

3) Куски загружаемого торфа должны быть размером в 5—7 см, загрузка больших кусков приводит к застреванию их у горловины и „чиханию“ двигателя.

4) Шуровка решетки должна производиться через 15—20 мин.

5) Загрузка торфа может беспрепятственно производиться на ходу; целесообразно, однако, для лучшей подсушки торфа держать бункер всегда полногрузным. Розжиг газогенератора может производиться при загруженном бункере; при этом требуется для хорошего розжига несколько больше времени.

6) Сугубое внимание должно быть обращено на герметичность нижней части газогенератора; в противном случае имеет место подсос воздуха. При соблюдении этих условий получается газ нормального состава. Газ этот горит ярким пламенем, не содержит смолы и легко берется двигателем.

В процессе налаживания работы газогенераторной установки пришлось выполнить ряд переделок, как то:

1) Изменить форму двухрядного топливника так, чтобы стенки его были более крутыми, приближаясь к вертикальным, что выполнено путем обмуровки нижней части топливника шамотной массой.

2) Установить вращающуюся дисковую решетку таким образом, чтобы можно было обеспечить различную высоту активной зоны (в пределах до 150 мм.), и шуровку решетки на ходу.

3) Вдвое увеличить число отражательных лопаток в циклонах.

4) Устранить такие мелкие механические дефекты, как герметизация люков, топочной и зольниковой дверей и т. п.

5) Установить ручной вентилятор для розжига.

6) Пополнить кольцами Рашига тонкий очиститель.

7) Изолировать основательно стенки газогенератора асбестовым картоном.

Наладочный период отнял довольно продолжительное время, причем следует отметить, что в этом, помимо новизны конструкции, сказались также неопытность моториста и газогенератора, которым впервые пришлось иметь дело с газом.

В результате испытаний был проверен ряд основных принципиальных вопросов, легших в основание проектирования, причем выявилось:

#### В части подсушки торфа.

Подсушка торфа в бункере происходит достаточно интенсивно. При работе в холостую выделяется около 4—5 кг. воды в смену; при работе под нагрузкой эффект подсушки будет, очевидно, большим. Однако, это количество конденсата все-же меньше, чем предполагалось расчетом. Здесь, очевидно, имеет значение как соотношение подогреваемой и охлаждаемой части бункера, так и количество, форма и расположение отверстий — жалюзи. Следует отметить такое выявившееся весьма важное обстоятельство: при остановках газогенератора выделение конденсата продолжается с большей интенсивностью (очевидно, вследствие отсутствия разрежения), чем при работе; за счет использования запаса тепла газогенератора при остановках двигателя продолжается подсушка торфа и конденсация водяных паров. Таким образом газогенератор оказывается своего рода „сушилом“ торфа.

#### В части конструкции топливника.

Предварительные испытания указывают на целесообразность двухрядного топливника. В тех случаях, когда в топливнике обнаруживались шлаки, последние находились, как это и предполагалось, в нижней половине топливника, т. е. там, где они не представляют собой большой опасности в смысле нарушения бесперебойной работы газогенератора. Шлаков под горловиной топливника не обнаружено.

В части формы топливника можно сделать заключение, что топливник, имеющий в нижней половине более крутые стенки, образующие с горизонтальной плоскостью более тупой угол, оправдывает себя в большей мере, так как в этом случае кокс располагается более плотным слоем и проскальзывание невосста-

новленной углекислоты по стенкам топливника происходит, очевидно, реже; при этом газ получается с меньшим содержанием углекислоты.

В части колосниковой решетки.

Выявилась целесообразность установки двухдисковой решетки, позволяющей легко проводить шуровку и изменять высоту активной зоны.

Решетка работает хорошо. Как правило, она должна располагаться почти в притык к топливнику.

В части охлаждения газа.

Выявилось, что средняя температура газа по выходе из топливника 450—500° С.

За счет подогрева воздуха и нижней части бункера газ охлаждается на 200—300° и по выходе из газогенератора он имеет температуру 160—200°С; далее, наиболее интенсивно газ охлаждается в циклонах, на 110—140°; в газоохладителях перепад температур небольшой. Выделение конденсата газа происходит (при температуре наружного воздуха в 0°—10°С) в циклонах, частично в первом охладителе, как это видно из следующей таблицы:

Таблица № 12

Дата	Т е м п е р а т у р ы								
	Наружн. воздуха	Газа у фурм	Газа перед I циклоном	Газа перед II циклоном	Газа перед I охладит.	Газа перед II охладит.	Газа перед III охладит.	Газа перед очистит.	Газа перед смесителем
16-XII	+ 5	406	173	110	52	37	—	13	—
17-XII	+ 9	398	199	139	53	48	38	24	—
19-XII	0	517	—	162	51	47	35	20	—
20-XII	0	454	161	111	34	92	16	6	5

Данные эти приводят к мысли о том, что для охлаждения газа до температуры 40° не требуется трех охладителей, а можно ограничиться лишь двумя.

В заключение приводим характерный протокол одного из испытаний:

Испытание 20-го декабря 1937 г.

Газогенератор полногрузный. Торф бучанский. W<sup>p</sup> -31,0%, Ас -12,0. В 8 ч. утра в газогенераторе открыт загрузочный люк, открыты топочная и зольниковая дверки.

Колосниковая решетка опущена; разжиг производится при помощи ручного вентилятора.

В 10 ч. решетка поднята в притык к топливнику; люки и дверки плотно прикрываются. Двигатель ЧТЗ-60 заводят на бензине. В 10 ч. 5 мин. его переводят на торфяной газ; он переводится легко. На газе двигатель работает спокойнее и четче, чем на бензине. Газовый дроссель смесителя открыт на 1/3. Двигатель работает непрерывно на газе до 15 час. 50 мин, т. е. 5 ч. 45 мин. без всякого ухудшения показателей, (что всегда наблюдалось при испытаниях торфа в древесной газогенераторной установке); положение газового дросселя оставалось все время без изменения.

За время работы двигателя производились шуровки решетки (примерно, раз в час), производилась догрузка бункера пятью корзинами бучанского торфа и шуровка торфа через „жигало“ загрузочного люка. На ходу спущен конденсат из циклонов и холодильников. Зажигание взятой пробы газа показывает горение его ярким пламенем. Остановка двигателя в 15 час. 50 мин. происходит вследствие замены свечи двигателя на ходу. После перерыва в 10 мин. двигатель снова переводится на газ и до конца испытаний работает еще 50 мин. Явлений шлакования не наблюдалось. Засмоливания не было. Средние температуры во время испытаний приведены выше в табл. № 12.

Сопротивления составляли весьма незначительную величину:

Перед I циклоном — 20 мм вод. столба.

„ I охладителем — 30 мм вод. столба.

Перед тонким очистителем — 46 мм вод. столба.

„ смесителем — 57 мм вод. столба.

Содержание углекислоты в газе колебалось от 8,4—15,2, в среднем около 12,0%. Содержание кислорода от 0,6—3,0, в среднем 1,3%\*).

### Выводы.

Предварительные данные испытаний указывают:

1) Что газогенераторная установка оказалась работоспособ-

\*) В течении января и февраля 1938 г. газогенераторная установка была испытана под нагрузкой до 35 л.с (по техническим условиям) при работе на двигателе ЧТЗ-60 без изменения степени сжатия.

Испытания показали безотказную непрерывную работу установки в течении длительного периода на том же воздушно-сухом бучанском торфе ухудшенных качеств. Непрерывная работа установки обеспечивалась в течении 8—11 час. испытаний до полного израсходования торфа в газогенераторе. Явлений шлакования золы не наблюдалось. Сопротивления составляли около 400 мм у двигателя (в среднем) и оставались в течении всей работы на одном уровне. Явлений засмоливания не было. Небольшие перебои наблюдались вследствие накопления больших количеств конденсата в коллекторах холодильников, но впоследствии удалось обеспечить непрерывное автоматическое удаление конденсата на ходу, а потому и это явление в дальнейшем не сказывалось на работе установки.

Таким образом установка может считаться апробированной и при работе под нагрузкой, правда, еще не проектной.

Данные полных испытаний будут опубликованы отдельно.

ной на торфе ухудшенных качеств и что есть все основания предполагать ее полное освоение в ближайшее время.

2) Конструкция газогенераторной установки, как в части газогенератора, так и очистительной установки, может быть упрощена и облегчена, в частности, может быть значительно уменьшена при запроектированной мощности высота газогенератора (за счет уменьшения высоты зольника и бункера) и уменьшено количество газоохладителей.

Задачей на ближайшее время является:

1) Проведение систематических испытаний установки под полной нагрузкой при работе на двигателе „Коммунар“ 90 л.с.

2) Выявление и устранение еще наблюдавшихся в работе дефектов, окончательное уточнение отдельных деталей режима работы установки при различных условиях, а также получение полных параметров, характеризующих установку.

3) Окончательное освоение установки при работе на баггере в опытных и производственных условиях

Параллельно с этим, на базе выполненной работы и практической проверки всех отправных принципиальных вопросов, в соответствии с постановлением СНК СССР от 1 марта 1938 г. „О производстве газогенераторных автомобилей, тракторов и других видов транспортных машин“ необходимо создать чисто транспортную газогенераторную установку на кусковом торфе тракторного типа, выбрав в качестве конкретного объекта наиболее распространенный трактор средней мощности.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение . . . . .	3—6
Глава I	
Торфяная газогенераторная установка для баггера . . . . .	7—12
1. Потребная мощность и двигатель для баггера . . . . .	7
2. Баггер, как объект для газификации . . . . .	9
3. Экономика торфяной газогенераторной силовой установки для баггера . . . . .	10
Глава II	
Испытание древесной установки „Моссудоверфь“ на кусковом торфе . . . . .	12—17
1. Цель испытаний . . . . .	12
2. Данные испытаний . . . . .	13
3. Выводы . . . . .	17
Глава III	
Проект транспортной газогенераторной установки на кусковом воздушно-сухом торфе . . . . .	18—37
1. Принципиальные вопросы конструкции и схемы установки . . . . .	18
2. Описание устройства газогенераторной установки . . . . .	21
3. Размещение газогенераторной установки на баггере . . . . .	26
4. Производительность газогенератора по двигателю . . . . .	28
5. Конструктивный расчет газогенератора . . . . .	31
6. Механический расчет рамы баггера при размещении газогенераторной установки . . . . .	34
Глава IV	
Тепловой расчет газогенераторной установки на кусковом торфе . . . . .	37—55
1. Основные предпосылки . . . . .	37
2. Материальный и тепловой баланс газификации . . . . .	39
3. Расчет высоты активной зоны газогенератора . . . . .	45
4. Подсушка торфа в бункере . . . . .	49
5. Расчет охлаждения газа . . . . .	50
Глава V	
Предварительные данные опробования установки . . . . .	55—60

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строки	Напечатано	Должно быть
3	14 сверху	розливу	разливу
8	13 "	Σ	ε
13	17 "	воздушно-сухой	воздушной
15	14 "	испытание	испытание
19	4 "	расплавления	плавления
21	17 снизу	выразились	выразилось
22	8 "	газовой	газовый
29	2 "	ε	ε
29	3 "	ε	ε
29	6 "	ε	ε
45	16 сверху	на газ	на газе