

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ СССР
МОСКОВСКИЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ.

Др $\frac{17}{921}$

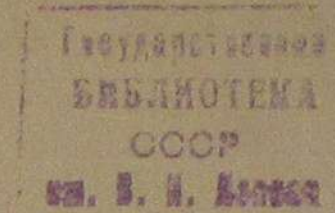
на правах рукописи
ТИЗЕНГАУЗЕН П. Э.

Автореферат диссертации
на тему

Исследование газификации
влажного древесного топлива
в транспортных газогенераторах

Работа представлена на соискание ученой
степени кандидата технических наук.

Москва
1954 г.



44544-84

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗИФИКАЦИИ ВЛАЖНОГО ДРЕВЕСНОГО ТОПЛИВА В ТРАНСПОРТНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРАХ.

I.

Проблема создания транспортных газогенераторов, работающих на древесном топливе повышенной влажности и лесосечных отходах, на заготовку которых не требуется больших трудовых и денежных затрат, имеет большое значение для предприятий, расположенных в лесоизбыточных районах. Исследования научных учреждений в целях разрешения этой проблемы могут быть сведены, в основном, к трем направлениям:

1) Использование в качестве топлива для серийных газогенераторов древесной чурки, прошедшей естественную сушку, размером $70 \times 70 \times 60$ мм при влажности 15—40% абс.

2) Использование в качестве топлива для серийных газогенераторов, оборудованных эжекционными приспособлениями, древесной чурки размером $70 \times 70 \times 60$ мм, влажностью 30—100% абс.

3) Использование в качестве топлива для газогенераторов древесного топлива увеличенных размеров (250—500 мм по длине) при практически неограниченной его влажности (до 100% абс.), и создание для газификации такой древесины специальных газогенераторов.

Каждое из принятых направлений имеет свою производственную ценность и область применения. Как показали проведенные исследования, последнее направление является наиболее эффективным для транспортных машин, работающих на трелевке леса, а также для передвижных и стационарных электростанций леспромхозов.

Пионером внедрения последнего направления явилась газогенераторная лаборатория ЦНИИМЭ, в коллективе которой работал автор.

Новизна поставленной задачи и недостаточная ее изученность затрудняла отработку созданных образцов газогенераторов.

Экспериментальные работы проводились в Центральном Научно-исследовательском институте механизации и энергетики лесозаготовок «ЦНИИМЭ» минлесбумпрома СССР.

Внедрение опытной серии газогенераторов ЦНИИМЭ для передвижных электростанций ПЭС 12/200 и трелевочных тракторов КТ-12 показало, что годовая экономия на каждый эксплуатируемый механизм составила 10—11 тыс. рублей при экономии трудовых затрат на заготовку топлива до 200—250 человеко-дней по сравнению с затратами на подготовку топлива для промышленных серийных газогенераторов.

Газогенераторы ЦНИИМЭ были одобрены производителями ряда леспромхозов: Александровского ЛПХ треста Владимирлес Шуйско-Виданского, Лоймольского, Сямозерского и Пайского ЛПХ Минлесбумпрома К. Ф. АССР, Вахтанского и Пижемского леспромхозов треста Горьклес и др.

Положительная оценка производителями опытной серии газогенераторов нового типа и экономический эффект от их применения в промышленности подтвердили целесообразность широкого внедрения этих газогенераторов. Одновременно с этим было установлено, что широкому внедрению должна предшествовать доводка новых газогенераторов, увеличение срока их службы, определение оптимальных условий сушки влажного швыркового древесного топлива током сильно нагретых газов, установление особенностей газификации нового типа топлива и уточнение общепринятой методики расчета основных параметров газогенераторов применительно к данному случаю и др..

Решение указанных вопросов потребовало проведения дополнительных углубленных исследований. Часть из этих исследований выполнена автором. В, частности, в настоящей диссертационной работе:

- 1) Дан новый метод расчета основных теплотехнических элементов для данных газогенераторов;
- 2) Установлены оптимальные условия испарения влаги в слое топлива;
- 3) Определено оптимальное размещение фурм и допустимые скорости ввода воздуха в камеру газификации.
- 4) Дан метод расчета основных параметров новых газогенераторов и установлены некоторые особенности газификации влажного швыркового топлива.

II.

Работы по исследованию сушки древесины и горению топлива в слое проводились в Советском Союзе рядом научных учреждений и отдельными лицами.

Работами ЭИН АН СССР, А. В. Лыкова, Лурье М. Б., Поснова Б. А., Федорова И. М., Арциховской и др. установлены законы испарения влаги из различных материалов и, в частности, из древесины, при температурах сушильного агента в пределах до 150—180°C. Известные исследования И. С. Мезина относились к стандартным газогенераторам, где производилась подсушка топлива в ограниченных пределах за счет теплоизлучения без выпуска продуктов подсушки из бункера газогенератора.

Эти зависимости были использованы для расчетов газогенераторов, работающих на влажных швырковых дровах, и в процессе работ при сушке топлива током нагретых газов с исходной температурой 1000—1100°C выяснилась необходимость некоторой их корректировки.

Использование швырковых дров в стационарных и транспортных газогенераторах известно в Советском Союзе с 30-х годов текущего столетия.

В частности, известны работы Я. С. Гинзбурга, Н. А. Барышникова и А. Б. Генина по газификации в стационарных газогенераторах типа «Сименс» швырковых влажных дров, опыты проф. Ветчинкина Н. С., работы Генина А. Б. по использованию для речных катеров швырковых газогенераторов ЦНИИВТ-3, применение швырковых генераторов для трактора С-60 инж. Кулябиным и др.

Исследователи пришли к следующим выводам:

- 1) Теплотворность газа, полученного при газификации древесного швырка, снижается по сравнению с теплотворностью газа, полученного при газификации сухой древесной чурки.
- 2) Механические свойства угля, образовавшегося при газификации швырка, по сравнению с углем, полученным при газификации сухой древесной чурки, ухудшаются. Этот фактор ведет к увеличенным уносам угольной мелочи с газом.
- 3) При газификации швырка по прямому процессу с увеличением объема единицы топлива увеличивается влияние влажности на теплотворность получаемого газа.
- 4) Теплотворность газа сильно зависит от жаронапряженности горения в камере газификации.

Часть указанных опытов по использованию швырка для газификации относилась к сухому топливу (Генин А. Б., Кулябин), часть опытов — к газификации сырого швырка по прямому процессу (Гинзбург Я. С., Барышников Н. А., Генин А. Б.). Опыты проф. Ветчинкина Н. С. проводились с подсушкой швырка в бункере отработавшими газами двигателя. Поэтому выводы по указанным опытам для случая газификации сырого швырка в транспортных газогенераторах с подсушкой его потоком проходящих газов распространить без проверки не представлялось возможным.

Зависимости между основными параметрами транспортных газогенераторов исследовались и установлены рядом советских ученых. В частности, известны широко поставленные работы по этому вопросу члена-корреспондента А. Н. СССР З. Ф. Чуханова, докторов технических наук: Гроздовского М. К., Мезина И. С., Вознесенского Н. П., Колодцева Х. И., коллектива МВТУ под руководством доктора технических наук Либровича Б. Г., инженеров Воскресенского, Высоцкого и др.

В результате указанных работ выявлены рациональные соотношения между основными параметрами существующих газогенераторов, работающих на условно сухом древесном топливе, и установлена методика их расчета.

Наши исследования указали на необходимость проверки и уточнения этих соотношений и методики расчета применительно к газификации швыркового древесного топлива в новых газогенераторах.

III.

В целях упрощения экспериментальные исследования проведены на березовых швырковых дровах при наиболее характерной для свежесрубленного дерева влажности (70—75% абс.). Теоретические же исследования охватывают более широкий диапазон влажности.

Экспериментальные работы проводились автором в газогенераторной лаборатории ЦНИИМЭ на базе имевшегося оборудования. В основном исследования проводились на газогенераторах ЦНИИМЭ 17/27 и ЦНИИМЭ 17/28, спаренных с двигателем ЗИС-21, и отчасти на газогенераторах ЦНИИМЭ-18 и ЦНИИМЭ-26, обеспечивающих газом двигатели ГАЗ-МК и ИД6-ГД.

Проверка лабораторных исследований осуществлялась в ряде леспромхозов лесозаготовительных трестов.

При лабораторных исследованиях определялись:

1) Крутящие моменты двигателя — на тарированном гидротормозе МАИ-4МД с точностью $\pm 0,1$ кг м.

2) Температуры — при помощи платиново-платинородиевых и хромель-алюмелевых термопар с фиксацией показаний на визуальных гальванометрах и потенциометрах — самописцах (точность $\pm 4^\circ\text{C}$), а в отдельных точках техническими термометрами с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

3) Расходы газа, парогазовой смеси и воздуха — путем замера при помощи трубок Вентури (точность замера $\pm 2,5\%$).

4) Влагосодержание газа и парогазовой смеси — непосредственным замером конденсата с точностью до $0,1 \text{ см}^3$ и обезвоженного газа при помощи газовых часов с точностью $0,2 \text{ л}$.

5) Состав и теплотворность газа и парогазовой смеси — путем отбора средних обезвоженных проб (за время выжигания бункера). Определение % содержания компонентов осуществлялось на газоанализаторе ВТИ, а расчет теплосодержания по существующим формулам. В ряде случаев теплотворность определялась при помощи автоматического калориметра-самописца типа «Юнкерс».

6) Плотность газа — расчетом (по составу газа) и непосредственным замером на приборе типа «Юнкерс».

В процессе исследований были применены оригинальные методики для определения:

1) Смолосодержания — методом глубокого охлаждения и замера газа (или парогазовой смеси), осаждения смол в специальных бюретках, на стеклянных кольцах, отмывкой смолы с колец бензолом с последующей возгонкой бензола и непосредственным взвешиванием смол на аналитических весах.

2) Температуры испаряющей поверхности топлива в бункере газогенератора-методом непрерывного замера при помощи заглубленной на 5 мм в образец термопарой и точностью отсчетов $\pm 1^\circ\text{C}$.

3) Испарения влаги из образцов топлива в процессе опускания их в бункере газогенератора-методом непосредственного взвешивания образцов с точностью измерений ± 5 гр.

4) Температур в зоне горения и бункере газогенератора-методом перемещающейся термопары.

5) Градиента влажности по сечению и длине образца в пределах 0—30% абс. — прибором ЦНИИМОД-2 с точностью измерений $\pm 1^\circ$ абс.

6) Оптимального количества фурм-методом переключения фурм.

Замеры расхода топлива и его влажности, давлений и др. величин осуществлялись в соответствии со стандартно принятыми для лабораторных исследований методами.

Метод расчета основных теплотехнических элементов для осуществления сушки древесины в бункере газогенератора.

Учитывая, что главной особенностью исследуемых швырковых газогенераторов является сушка топлива в самом газогенераторе и изменение размерности топлива, в исследованиях этим вопросам уделено особое внимание.

Как известно, необходимые затраты тепла на сушку находятся в прямой зависимости от количества подсушиваемой древесины и ее влажности. Поэтому нами были изучены в первую очередь, параметры, характеризующие эти величины. К ним относятся коэффициент пористости и влагонапряженность слоя топлива.

Пористость слоя топлива характеризует степень использования объема бункера при различной дробности топлива. Коэффициент влагонапряженности зависит от влажности и испаряющей поверхности топлива. Он показывает сколько килограмм влаги, содержащейся в топливе, приходится на один м² испаряющей площади.

Знание коэффициента пористости слоя топлива практически необходимо было для определения количества влаги, подлежащей испарению при данных объемных расходах и влажности топлива.

Определение путем теплотехнического расчета необходимых тепловых затрат на сушку топлива, тепловых потерь с уходящей из бункера парогазовой смесью, расходов газа и воздуха на подсушку древесины в бункере необходимо для каждого отдельного случая расчета газогенератора данного типа. Этот теплотехнический расчет громоздок и требует длительных вычислений. Знание коэффициента пористости слоя топлива и математическая обработка данных опыта по определению влагосодержания топлива дали возможность предложить сокращенный метод расчета указанных выше параметров газогенераторов исследуемого типа при оптимальном, полученном при опытах, составе парогазовой смеси.

Согласно исследованиям, автором установлено, что коэффициент пористости слоя топлива в бункере газогенератора может быть определен из ур-я:

$$\mu = 0,174 \lg \frac{1}{U_T} - 0,047$$

где U_T — объем единицы исследуемого топлива в м³. Эта зависимость оказалась справедливой для объемов образцов топлива 0,00023 м³ (стандартная чурка) и 0,00593 м³ (швырок 1 = 500 мм и сечения 110 × 110 мм).

Отклонения μ расчетного от μ опытного колеблются в пределах 0,3—1,2%.

Значение коэффициента влагонапряженности R является новой величиной в расчете газогенераторов. Необходимость ее введения вызвана расширением диапазона влажности применяемого для газификации топлива и производством сушки топлива непосредственно в бункере газогенератора.

Как известно, интенсивность испарения влаги из топлива является производной (при данном топливе) от скорости прохождения агента сушки около испаряющей поверхности и его температуры. Знание R позволило определить необходимые интенсивности испарения и максимально допустимые скорости опускания топлива в бункере газогенератора, что имеет практическую ценность при подборе параметров бункера газогенератора. При опытах производились: непосредственный за-

мер испаряющих поверхностей топлива (при различной дробности его разделки) и определение влагосодержания в исследуемом объеме топлива при различных его влажностях.

Эти исследования показали, что при одинаковой влажности образца топлива, R зависит от сечения и длины образца, причем, главным образом, от сечения образца и в меньшей степени от его длины.

Выведенная математическая зависимость значения R от вышеуказанных величин имеет следующий вид:

$$R_n = 0,0034 W_n^{1,3} S_n^{0,61} l_n^{0,15} \text{ кг/м}^2$$

где R_n — суммарная влагонапряженность образца топлива кг/м²,

W_n — относительная влажность исследуемого топлива в %

S — сечение, l — длина образца в см.

Данная формула верна для того же диапазона объемов образцов топлива, что и для μ .

Предлагаемый в работе расчет основных теплотехнических величин для принятого швыркового топлива в исследуемых одностеночных газогенераторах основан на знании влажности, размеров исходного газифицируемого топлива и температуры отходящей из газогенератора парогазовой смеси.

Все эти величины могут быть легко замерены при опыте. На основании произведенных исследований, автором установлено:

1) Теоретически необходимое количество тепла на подсушку данного топлива в исследуемом газогенераторе:

$$Q = \frac{639,1 \left(W_{от} - 0,1 \right) V_k \gamma \left(0,174 \lg \frac{1}{U_T} - 0,047 \right)}{1,1 - W_{от}} \text{ К. кал/м}^3$$

где $W_{от}$ — относительная влажность газифицируемой древесины в долях единицы,

V_k — объем сушимой древесины в дцм³

γ — удельный вес топлива,

U_T — объем единицы топлива в м³

2) Потери тепла с отходящей из бункера парогазовой смесью в % от суммарного тепла газифицируемой древесины.

$$A\% = (0,00084 t_{nrc} - 0,029) W_{от} + 0,046 t_{nrc},$$

где t_{nrc} — температура выходящей из бункера парогазовой смеси в °С,

$W_{от}$ — относительная влажность исходного топлива в %,

3) Суммарный часовой расход топлива в газогенераторе в объемных величинах равен:

$$V_{\text{м}^3/\text{час}} = \frac{0,0382 V_{\text{п}} n}{\gamma (1 - \mu)(100 - W_{\text{от}})(100 - 10^{0,016W + 0,635})}$$

где μ — коэффициент пористости слоя топлива.

$V_{\text{п}}$ — литраж питаемого газом двигателя,

n — число оборотов вала двигателя в минуту,

4) Необходимый расход парогазовой смеси для осуществления сушки топлива в бункере газогенератора (при среднем химическом составе его, полученном при опыте, и оптимальных условиях сушки) в % к весу от газифицируемого топлива может быть найден из уравнения,

$$G^0_0 = (1,3 + 0,00013 t_{\text{пгс}}) W_{\text{от}} + (0,084 t_{\text{пгс}} 1,8)$$

Расход дополнительного воздуха, необходимого для осуществления подсушки топлива, в % к весу газифицируемого топлива.

$$G^0_0 = (0,369 + 0,000092 t_{\text{пгс}}) W_{\text{от}} + 0,059 t_{\text{пгс}}$$

а расход топлива, идущего на подсушку, в % к весу газифицируемого топлива

$$\lg^0_0 G_{\text{т}} (\text{на подсушку}) = (0,014 + t_{\text{пгс}} 80 \cdot 10^{-7}) W_{\text{от}} + (0,27 + 1,45 \cdot 10^{-5} t_{\text{пгс}})$$

Приведенные уравнения получены на основании математической обработки опытных данных методом наименьших квадратов.

Специально поставленные опыты по определению температуры выходящей из бункера парогазовой смеси позволили определить ее зависимость от расхода парогазовой смеси, свободного сечения бункера газогенератора, толщины слоя и размеров топлива (при диапазоне влажности 65—75% абс).

Эта зависимость выражается уравнением.

$$t_{\text{пгс}} = \frac{10^7}{\left[481 - 1,78 \times 10^4 U_{\text{ас}} S \left(1 - 0,174 \lg \frac{1}{U_{\text{т}}} \right) \right] h + 8400} \quad ^\circ\text{C}$$

где $U_{\text{ас}}$ — скорость прохождения сушильного агента около испаряющей поверхности топлива м/сек;

S — живое сечение бункера в м^2

$U_{\text{т}}$ — объем единицы топлива в м^3

h — толщина слоя топлива в см.

$$U_{\text{ас}} = \frac{8,8 G_{\text{пгс}}}{10^4 \gamma S 0,174 \lg \frac{1}{U_{\text{т}}}} \quad \text{где: } G_{\text{пгс}} - \text{м}^3/\text{час}$$

при $\gamma_{\text{пгс}} = 1,1$

Температура отходящей парогазовой смеси и $U_{\text{ас}}$ при данной исходной температуре парогазовой смеси характеризует экономичность организации процесса сушки древесины в бункере газогенератора.

Руководствуясь установленными зависимостями, легко определить, кроме отмеченных величин, скорость опускания топлива в бункере, критический выжиг топлива по высоте слоя и необходимую интенсивность испарения.

Исследования доктора технич. наук Мезина И. С. (НАМИ) по определению текущей влажности топлива в бункере исходят из условий переменной влажности газифицируемого топлива и интенсивности испарения влаги из топлива.

Мы же при опытах исходили из требований постоянной влажности газифицируемого топлива в зоне горения, поэтому выводы НАМИ потребовали корректировки.

Расчет указанных величин в общем виде приведен в тексте работы.

Определение оптимальных условий испарения влаги в слое топлива.

Имеющиеся работы по сушке материалов в слое относятся, главным образом, к сушке нагретыми газами и парами, имеющими температуру 100—200°C. В исследуемом случае требование скоростной сушки древесного топлива, не ограниченное условиями его деформации, дало возможность применить агент сушки, имеющий исходную температуру 1000—1100°C.

Специально поставленные опыты позволили установить некоторые особенности, присущие материалу при применении агента сушки указанной температуры.

В частности установлено, что в бункере газогенератора интенсивность сушки топлива непрерывно растет по мере перемещения его от верхних слоев к нижним. При этом, периода падающей скорости сушки в образце топлива, находящегося в нижнем слое, даже при влажности его 10—6% отн, не наблюдается, т. к. уменьшение влажности образца компенсируется нарастанием температур. Это исследование подтвердило работу Поснова Б. А. о значении термодиффузии в сушеном материале.

Установлена зависимость активного слоя сушки от скорости сушильного агента при данных влажностях древесины, температурах и размерах топлива.

В работе показано, что активная сушка древесины в бункере газогенератора происходит не по всей толщине слоя.

Толщина слоя топлива, в котором наблюдается испарение влаги, при постоянной исходной температуре агента сушки 1000—1050°C и исследованной влажности топлива 65—75% абс, зависит от скорости прохождения агента сушки ($U_{\text{ас}}$) и размеров топлива. В исследованном диапазоне $U_{\text{ас}}$ 0,176—0,360 м/сек толщина слоя топлива с активным испарением влаги была 550—600 мм, а сухая перегонка в периферийной части сушеной древесины происходила в толщине слоя 275—410 мм. (Размер топлива был оптимальным).

При сухой перегонке из топлива удаляются с парогазовой смесью около 40% имеющихся смол. Уменьшение смольности газифицируемого топлива позволяет увеличить проходное сечение диафрагмы камеры газификации и, следовательно, сократить сопротивление газогенератора.

В работе показано, что на интенсивность сушки древесины при одинаковых условиях влажности и температуры агента сушки, главным образом, влияет сечение образцов и в значительно меньшей степени их длина. Приведенный вывод совпадает с данными исследований А. В. Лыкова.

Оптимальными сечениями (S_0) образцов применяемого швыркового древесного топлива в исследуемых газогенераторах являются:

$$S_0 = 35 \div 50 \text{ см}^2.$$

Исследования хода сушки топлива различных размеров дали возможность определить отношение суммарной влагонепроводности древесины вдоль волокон к влагонепроводности в радиальном направлении. Это отношение при температурах сушильного агента $900-1000^\circ\text{C} = 2$, а при температурах $550-750^\circ\text{C} = 5-6,5$. Указанные исследования дополняют работу Арциховской по влагонепроводности древесины при температуре сушильного агента $130-150^\circ\text{C}$.

Знание указанных влагонепроводностей дало возможность установить оптимальное соотношение, по условиям сушки, длины и толщины образца топлива. Это соотношение в исследуемом случае равнялось $6:1-7:1$. Откуда следует, что увеличение длины образца больше указанной не ухудшает сушки при данных $t_{\text{гс}}$.

Опытами установлена непропорциональность для данного топлива и $t_{\text{гс}} = \text{Const.}$ между интенсивностью испарения и расходами парогазовой смеси, что дало возможность определить допустимые, с точки зрения экономичности процесса сушки, скорости прохождения агента сушки около испаряющей поверхности и возможные скорости опускания топлива в бункере газогенератора.

Максимально допустимые $V_{\text{ас}}$ и $V_{\text{оп}}$ при различных S_0 , длине образцов 500 и исходной температуре агента сушки $1000-1100^\circ\text{C}$ приводятся ниже:

при S_0 образца 35 см^2 может быть $U_{\text{ас}}=0,5 \text{ м/сек}$ и $U_{\text{оп}}=2 \text{ см/мин}$
 " " 50 " допущено " $=0,3 \text{ м/сек}$ и " $=1,5 \text{ см/м.}$
 " " 81 " " $=0,2 \text{ м/сек}$ и " $=1,2 \text{ см/м.}$
 " " 121 " " $=0,1 \text{ м/сек}$ и " $=0,7-0,8 \text{ см/мин}$

Где $U_{\text{оп}}$ — скорость опускания топлива в бункере газогенератора при максимальном отборе газа.

Уменьшение $U_{\text{ас}}$ и $U_{\text{оп}}$ против допустимых, улучшает экономичность сушки и увеличивает устойчивость процесса газификации.

Приведенные данные позволили производить расчет объемов бункера и подбор отверстия для выпуска парогазовой смеси при различных часовых расходах газифицируемого топлива и давлениях в бункере газогенератора.

Определение оптимального размещения фурм в камере газификации и допустимой скорости ввода воздуха.

На основании опытов установлено, что лучшим расположением, с точки зрения создания нормальных условий сушки и экономичности процесса газификации, является двухрядное шахматное размещение фурм. Причем, оптимальным отношением суммарного живого сечения нижнего ряда фурм к суммарному сечению фурм верхнего ряда оказалось равным $4:1-5:1$.

Этот вывод может быть подтвержден данными приведенной ниже таблицы.

Расположение рядов фурм в камере газификации.	Количество и диаметр фурм в мм	Изменение эффективной мощности в %	Расход условно сухого топлива 1 кг/элсч	Эффективный КПД газогенератора	Теплотворность газа к/кал м ³ сыг	Выход газа из 1 кг рабочего топлива кг
Верхний ряд + 100	16×3,8	117	1,55	12,5	1120	1,51
Основн. ряд	16×8					
Верхний ряд + 130	16×3,8	97	1,82	11,1	1169	1,47
Средний ряд + 100	16×3,8					
Основной ряд	16×8	100	1,89	10,2	1080	1,07
Основной ряд	16×8					
Основной ряд	20×8	95	1,88	10,3	1176	—
Основной ряд	12×8	92	1,86	10,4	951	—
Основной ряд	16×8	86	2,07	9,3	—	—
Нижний ряд — 80	9×6					

ПРИМЕЧАНИЕ: 1) Исследования проведены на топливе одинаковых размеров и влажности 42—37% отв. За 100% приняты показатели мощности, полученные при камере газификации с однорядным размещением фурм (количество фурм 16, диаметр фурм 8 мм).
 2) Знаки + и — указывают удаление в мм дополнительных рядов фурм от основного.

В работе доказано, что двухрядное шахматное расположение фурм в камере газификации обеспечивает более длительное пребывание подсушиваемого топлива в зоне высоких температур, что повышает качество сушки за счет улучшения условий испарения и роста суммарной влажностепроводности древесины.

Кроме того, при указанном расположении фурм наблюдалась равномерность сушки по слою топлива и снижение температурного градиента стенки камеры газификации. При проведении опытов установлено, что оптимальный угол наклона фурм по отношению к горизонтальной оси составляет 30—35°, при котором толщина слоя горящего топлива увеличивается на 60—90 мм, что также способствует улучшению подсушки топлива перед его газификацией.

При подборе суммарного сечения основного и дополнительного рядов фурм следует учесть, что увеличение сечения должно происходить за счет количества фурм при сохранении их диаметра 8—9 мм. Наиболее благоприятные результаты сушки топлива в бункере газогенератора при одинаковых расходах парогазовой смеси получены при удалении верхнего ряда фурм от нижнего на 100—150 мм. Оптимальными скоростями ввода воздуха через фурмы оказались: для форсированных режимов 50—60 м/сек, для малых режимов 35—40 м/сек.

Метод расчета основных параметров газогенератора и некоторые особенности газификации исследуемого топлива.

Как известно, для газогенераторов, работающих на древесных условно сухих чурках (влажностью 20—22% абс), при расчете жаронапряженности горения (R_r) для камер газификации принимается равной 450—900 кг/м² час. Авторам установлено, что для исследуемых камер газификации оптимальная жаронапряженность является 250 и менее кг/м² час. Это объясняется тем, что в исследуемых газогенераторах рост R_r приводит к росту скорости опускания топлива в бункера, сокращению времени его сушки и недосушению.

Как доказано в работе, расчет площади сечения исследуемых прямоугольных камер газификации можно производить по формуле

$$S_k = 0,25 V_h n \text{ см}^2$$

где S_k — площадь сечения камеры газификации на уровне фурм в см²,

V_h — литраж двигателя,

n — число оборотов коленчатого вала двигателя в минуту.

Ввиду уменьшения количества смол, проходящих через активную зону, отношение площади сечения диафрагмы к площади сечения камеры газификации в новых газогенераторах, работающих на влажном швырке, может быть значительно

увеличено по сравнению с древесными газогенераторами, работающими на условно сухом топливе. Это отношение может быть определено из уравнения

$$\frac{f}{S_k} = K 10^{-7} R_r^2$$

где K — коэффициент для исследуемых газогенераторов равный 30—40,

S_k — сечение камеры газификации в м²,

f — сечение диафрагмы в м²,

R_r — жаронапряженность камеры газификации в кг/м² час,

Удельный объем камеры газификации.

$$V_{уд} = \frac{U_k}{N_e} = 0,9 \div 1,0$$

где $V_{уд}$ — удельный объем камеры газификации,

U_k — объем камеры газификации в л,

N_e — эффективная мощность двигателя в л.с.

Следует отметить, что наши опыты подтвердили данные А. Б. Генина о снижении механических свойств угля, получаемого при газификации подсушенного швырка.

Но увеличенные уносы угольной мелочи из камеры газификации наблюдались лишь при неудовлетворительной сушке топлива в бункере газогенератора.

При организованной сушке, двухрядном расположении фурм и соответствии удельного объема камеры газификации мощности двигателя; такого явления не было. Как показали исследования, скорости прохода газа по камере газификации не должны превышать 0,2—0,3 м/сек (из расчета на холодный газ и свободное сечение).

Установлено, что в исследуемых камерах газификации с оптимальными жаронапряженностями температурный режим несколько снижен по сравнению со стандартными камерами газификации. Снижение температур в активной зоне до 850—900°C не приводит к недопустимому росту смольности газа. Это объясняется удалением легких фракций смол с парогазовой смесью.

Тип газогенератора	Жаронапряженность камеры газификации кг/м ² час	Температура в камере газификации на уровне фурм °C	Теплотворность 1 м ³ СНГ	Род топлива
ЗИС-21	523	1200	1250	Условно сухие чурки
ЦНИИМЭ-17/28	336	1250	1135	Швырок длиной 50 см $W_{от} 10-41\%$
ЦНИИМЭ-17/27	256	1040—1100	1255	—
ЦНИИМЭ-26	182	920—860	1246	—

Температура в активной зоне находится в прямой зависимости от жаронапряженности камеры горения.

Закономерности изменения теплотворности газа при изменении R_r опытами не установлено. Теплотворность газа при опытах изменялась в основном за счет некачественной сушки топлива независимо от жаронапряженности камеры.

В работе отмечено, что при газификации влажного швырка в генераторном газе значительно растет, по сравнению с газом, полученном при газификации условно сухой чурки, наличие водорода и резко падает содержание метана. Для камер газификации швырковых газогенераторов с оптимальной жаронапряженностью отношение процентов содержания CO к H_2 в генераторном газе приближается к единице. Для этого же случая нормальным можно считать присутствие в газе 1—1,4% CH_4 . Увеличение H_2 в генераторном газе, надо полагать, объясняется наличием в местах соприкосновения воздушных струй, выходящих из фурм с раскаленным топливом, местных центров с повышенными температурами. При опытах отмечено снижение мощности двигателей, работающих на генераторном газе, полученном при газификации сырого швырка, на 6—7% по сравнению с мощностью тех же двигателей, работающих на газе, полученном при газификации условно сухой чурки, что происходит, вероятно, за счет уменьшения в газе метана.

Компенсация потери мощности может производиться соответствующим наддувом смеси.

Уменьшение в газе метана, надо полагать, происходит за счет удаления летучих смол с парогазовой смесью. Эти смолы, очевидно, способствуют образованию метана в активной зоне камеры газификации при работе газогенераторов без выпуска продуктов подсушки топлива в атмосферу.

Повышение содержания метана в газе возможно в исследуемом случае за счет снижения жаронапряженности камеры газификации. Увеличение высоты активной зоны угля в камере газификации, как подтвердили опыты, не могут полностью компенсировать неорганизованный процесс сушки древесины. Минимально необходимая высота активного слоя угля по условиям смолосодержания газа оказалась равной 200 мм.

Согласно данным исследований, в малогабаритных газогенераторах при организованной сушке топлива жидкая фаза (влаги и продукты сухой перегонки) составляет 39—40% от общего веса выпускаемой парогазовой смеси и газообразная — 60—61%.

При составлении баланса влаги при расчете сушки древесины (в бункере газогенератора) следует учесть, что в составе жидкой фазы парогазовой смеси содержится по весу 8—9% жидких фракций продуктов сухой перегонки дерева.

В работе показано, что потери углерода топлива с парогазовой смесью, выходящей из бункера газогенератора, зависят от скорости прохождения агента сушки около испаряющей поверхности топлива. Потеря углерода топлива с парогазовой смесью подчиняется закону прямой и может быть определена из уравнения: % потерь «С» с п.г.с. = $260 U_{ac} - 3.3$ (для диапазона U_{ac} 0,1—0,225 м/сек.). Эта зависимость позволила сделать вывод, что для того, чтобы экономно организовать сушку топлива следует стремиться к уменьшению U_{ac} , т. е. по мере возможности развивать сечение бункера газогенератора.

Автором доказано, а практикой эксплуатации подтверждено, что газификация влажного древесного швыркового топлива может с успехом применяться для транспортных и стационарных газогенераторов при соблюдении условий, указанных в настоящей работе.

IV.

Выводы

На основании проведенной работы:

1) Подтверждена возможность успешной газификации влажного древесного швырка в транспортных газогенераторах.

2) Установлены закономерности испарения влаги из топлива, при различных дробностях его разделки и при применении в качестве агента сушки высокотемпературных газов (1000—1100°C.). Эти закономерности, в некоторой степени, дополнили имеющиеся данные по испарению влаги из древесины при применении агента сушки с температурой 150—180°C.

3) Общепринятый трудоемкий расчет основных теплотехнических величин исследуемого типа газогенераторов может быть заменен упрощенным методом, изложенным в настоящей работе. Этот метод расчета, основанный на знании коэффициента пористости слоя топлива, влажности древесины и температуры отходящей из бункера парогазовой смеси, дает возможность определения основных теплотехнических величин с достаточной для практики достоверностью.

4) Исследованиями установлена методика расчета основных параметров газогенераторов данного типа и определены особенности газификации влажного швыркового древесного топлива.

Данные исследований настоящей работы были использованы газогенераторной лабораторией ЦНИИМЭ при доводке созданных ею газогенераторов нового типа, одобренных межведомственной государственной комиссией.

Проведенные в настоящей работе теоретические и экспериментальные исследования не исчерпывают всего обширного круга вопросов, связанных с газификацией влажного древесного топлива.

В частности, в ней не охвачены вопросы улавливания и использования продуктов сухой перегонки древесины, уходящих из бункера с парогазовой смесью, вопросы механизации загрузки топлива, вопросы увеличения мощности газовых двигателей и т. д., представляющие собой самостоятельные и обособленные темы.

Над решением этих задач работают ряд научных учреждений и, надо полагать, что они будут положительно разрешены в ближайшее время.

Сдано в производ. 11/III-1954 г. Подписано к печати 17/III-1954 г.
Бумага 60×92/16 Печ. л. 1 Л-134257
Тираж 100 экз. зан. 427

Москва

Типография ЦНИИМЭ