

АВТО ТРАКТОРНОЕ ДЕЛО

АВТО ТРАКТОРНОЕ ДЕЛО



ФЕВРАЛЬ

1932

МАРТ

журнал вато

1932

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВИАЦИОННОЕ



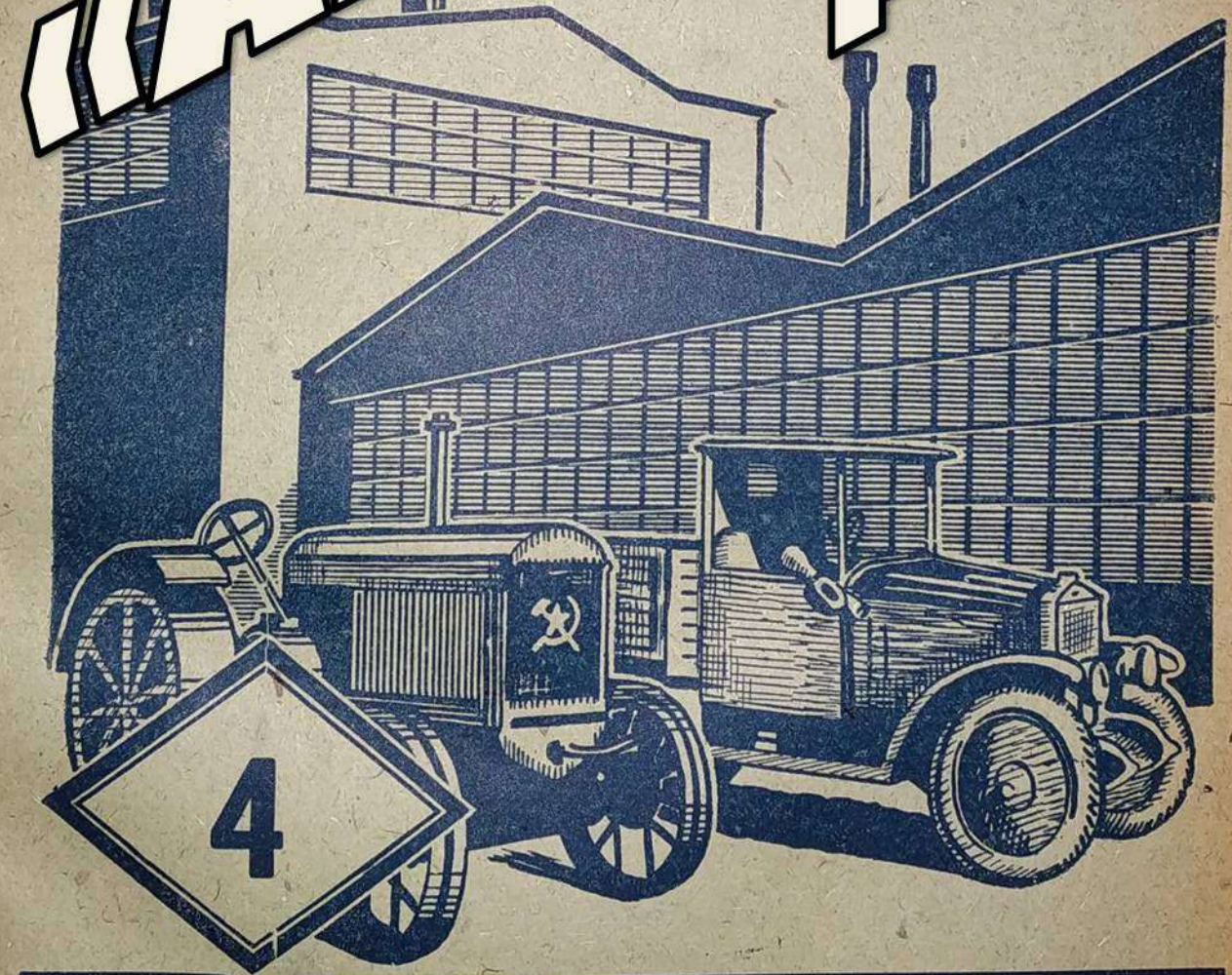
И АВТОТРАКТОРНОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВИАЦИОННОЕ



И АВТОТРАКТОРНОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

газета в журнале «АВТОТРАКТОРНОЕ ДЕЛО»



АПРЕЛЬ

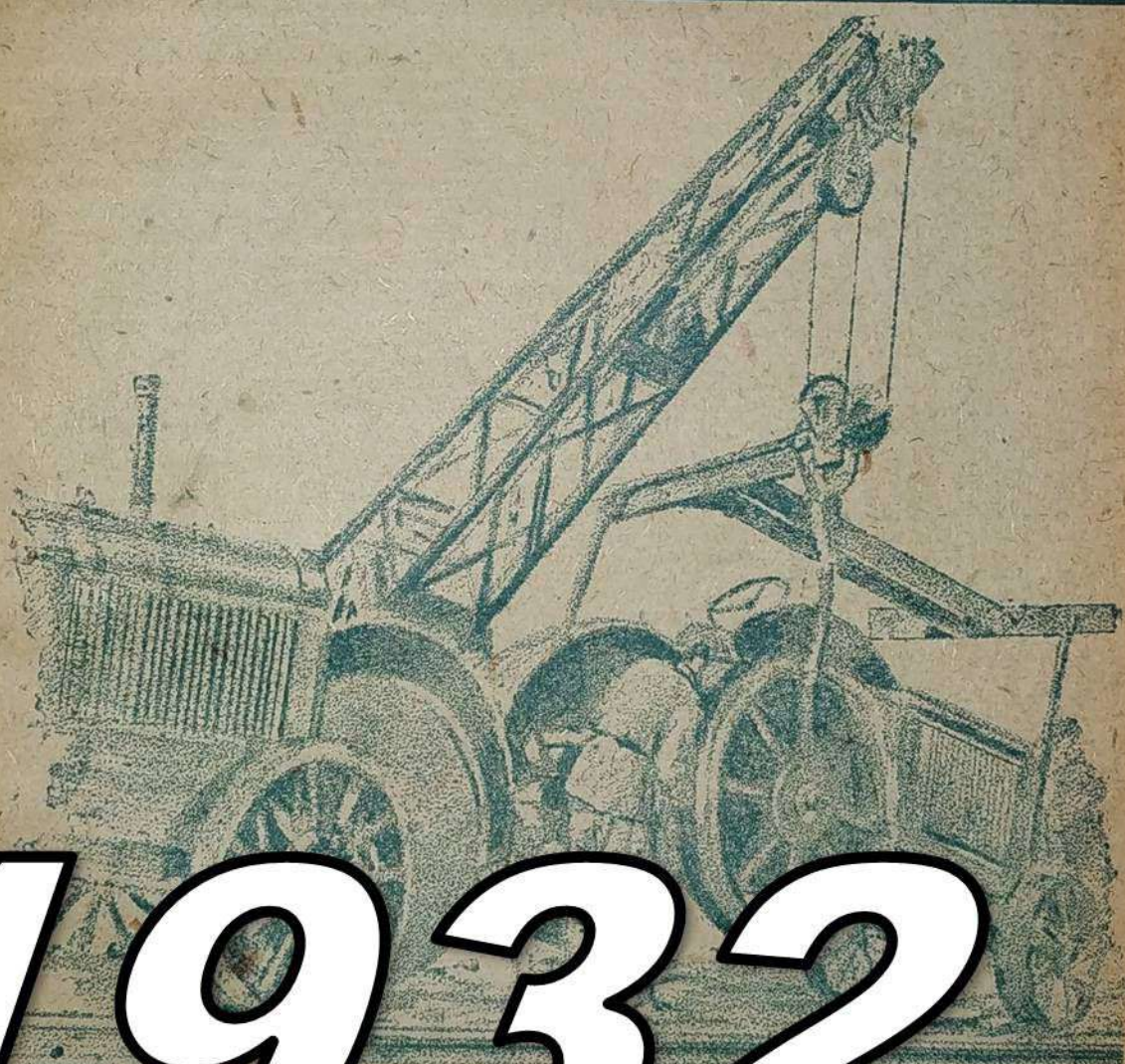
журнал вато

1932

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВИАЦИОННОЕ



И АВТОТРАКТОРНОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО



1932

№ 12 декабрь

журнал ГУТАП

1932

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВИАЦИОННОЕ



И АВТОТРАКТОРНОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Расчет газогенераторной установки „НАТИ III ПЕЭМ“ для трактора „Интернационал 22-36“

Условия работы стационарных и транспортных газогенераторов различны, различны и требования к ним с конструктивной стороны. Нам же известны расчеты только стационарных газогенераторов с прямым горением, но пока почти неизвестны расчеты транспортных газогенераторов.

В настоящее время газогенераторным отделом НАТИ построены два газогенератора: НАТИ-II для моторного кагера для авиамотора. НАТИ III-ПЕЭМ для трактора «Интернационал 22-36». Расчеты газогенераторов проверены на испытаниях в лаборатории НАТИ при отборе газа из генератора вентилятором и на тракторах, которые тормозились станками «Фруде» и НАМИ.

Можно констатировать, что в большинстве своем проектные и полученные при испытаниях данные совпадали. Следовательно, наши расчеты газогенераторов могут служить примерным начальным образцом расчета транспортного газогенератора.

В настоящей статье приводится расчет газогенераторной установкой НАТИ III-ПЕЭМ на тракторе «Интернацио-

нал 22-36», получившей первую премию на всесоюзном конкурсе проектов газогенераторных установок для гусеничных колесных тракторов, организованном Автодором в апреле 1931 г. (авторы проекта инж. Пагануцци Б. А. и ст. конструктор Мезин И. С.)

В начале ноября 1931 г. трактор «Интернационал 22-36» с газогенераторной установкой НАТИ III-ПЕЭМ имел пробное испытание на полях совхоза «Мамоново» (20 км М.-Б.-Б. ж. д.), а летом в 1932 г. будет принимать участие на всесоюзном конкурсе готовых газогенераторных тракторных установок, организуемом Автодором.

Пользование дровами с повышенной влажностью

Применение древесного топлива на тракторах сплошь и рядом затрудняется особенно высокими требованиями к древесному топливу в смысле определенного содержания в нем влажности. Как правило, принято считать, что влажность дров не должна превышать $W = 20\%$.

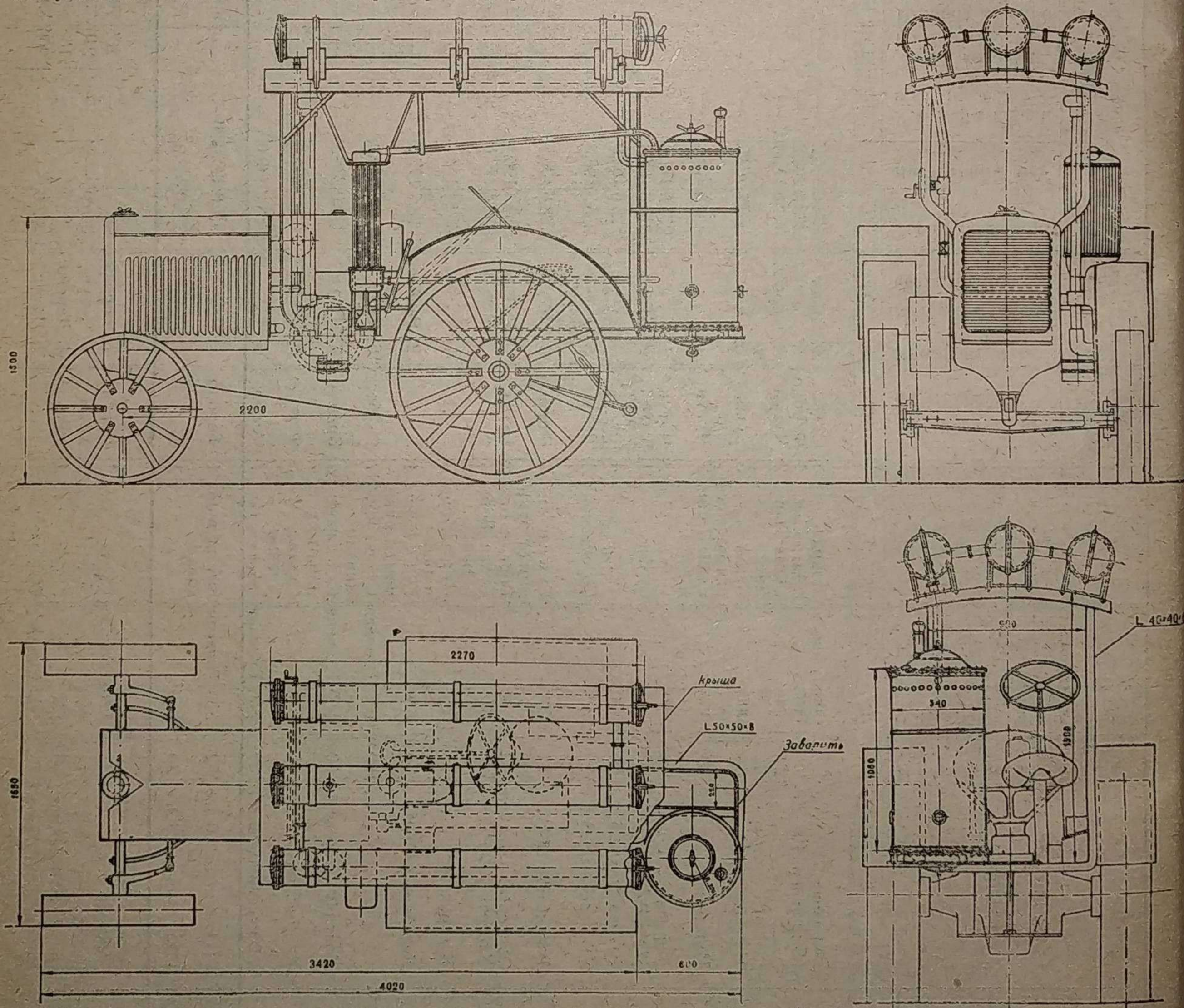


Рис. 1.

Предлагаемая конструкция газогенераторной установки может работать на дровах с повышенной влажностью, т. е. до $W = 30$ и более процентов, причем она также будет хорошо работать и на сухих дровах. Известно, что из всей химически связанной воды только около 60% реагирует с углеродом, а остальная часть воды переходит в газ в виде паров.

Следовательно для нормального хода газогенераторного процесса вполне достаточно воды, химически связанной в древесине. Гигроскопическая влажность дров для нас не нужна и является элементом вредным, так как с введением таковой в зону горения мы получаем понижение температуры горения, отнимая много тепла, которого может нехватить на реакцию $C + H_2O = CO + H_2$, вследствие чего возможна реакция $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$.

Кроме того газы с этой лишней влажностью уносят с собой много тепла, нагреваясь до температуры выхода газа из генератора.

Если нужно сжигать в газогенераторе сырые дрова, то необходимо поставить такое устройство, которое давало бы возможность отводить лишнюю влагу, не нужную для газогенераторного процесса.

При работе газогенератора на дровах в верхней части бункера собираются пары, состоящие, главным образом, из воды, испаренной из дров в незначительном количестве, и разбавленные продуктами сухой перегонки древесины, т. е. преимущественно смолой, так как максимальная температура здесь будет 100° , а точка росы смол равной 160° . В газогенераторах с опрокинутым горением, работающих на дровах, имеется всегда разница в разрежении между верхней частью бункера, где собираются пары воды и смолы, и зоной горения, т. е. местом, где засасывается воздух. В предложенной нами конструкции газогенератора такая разница в разрежении примерно будет равна от 25 до 40 мм вод. ст., что проверено опытом, произведенным в лаборатории НАТИ. Следовательно, если соединить верхнюю часть бункера с зоной горения трубой, то мы сможем скопившиеся пары в верхней части бункера ввести в зону горения или выводить из генератора. На пути движения этих паров ставится холодильник, в котором должна конденсироваться вода и только в минимальном количестве — смолы.

Предложенное нами устройство, позволяющее пользоваться дровами повышенной влажности, вполне реально; подобные устройства можно встретить на шахтных топках по системе проф. Кирша для сжигания сырых дров.

Условием получения высококалорийного газа является получение высоких температур в зоне горения, необходимых для: 1) сжигания топлива в CO_2 , 2) восстановления CO_2 в CO , 3) а также на обогащение газа парами воды, чего можно достичь только тогда, когда большая часть воды будет выведена из газогенератора наружу. Удаление лишней влаги дает нам могучее средство сохранять высокие температуры в зоне горения, так например, температура горения дров с влажностью $W = 40\%$ при избытке воздуха $\alpha = 1,5$, $T = 1320^\circ$, — те же дрова при влажности $W = 20\%$ дают температуру $T = 1520^\circ$, а при $W = 10\%$, $T = 1580^\circ$.

Подсушка сырых дров в бункере газогенератора не вызывает больших затрат тепла для удаления влаги, так например, на удаление 1% влаги из топлива требуется $0,01 \times 610 = 6,1$ кал., что составляет около 0,2% тепла дров.

Таким образом удаление влаги из дров $W \approx 30\%$ потребует затратить только около $0,2 \times 30 = 6\%$ тепла дров; такие незначительные затраты тепла говорят за то, что не представляется никакой выгоды подсушивать дрова даже отходящими газами от моторов, а есть прямой расчет сжигать сырые дрова непосредственно в генераторах, а лишнюю влагу удалять из газогенератора.

Описание газогенераторной установки

Газогенератор (рис. 1 и 2) работает с опрокинутым горением на дровах-чурках с повышенной влажностью $W = 30\%$ и более. Дрова могут употребляться твердых пород (береза, дуб, ясень, кедр), но можно работать и на дровах сосновых, причем они должны быть распилены на чурбачки, размером от 40 до 50 мм.

Емкость шахты А обеспечивает запас топлива, необходимого для непрерывной работы трактора в течение $2\frac{1}{2}$ час. при нормальной нагрузке трактора в работе.

Футеровка шахты производится вставным кольцом, изготовленным из мелкого щебня огнеупорного кирпича, смешанного с огнеупорной глиной и шамотом; кольцо имеет внутри железный каркас (наподобие железобетона), что

должно предохранить футеровочное кольцо от разрушения во время трясок трактора в пути.

Загрузка шахты производится через верхнюю крышку а, которая также служит и предохранительным клапаном на случай ударов, могущих быть в случае взрывов газа в шахте.

Колосниковая решетка имеет вращение около горизонтальной своей оси, причем посадка оси вполне герметична благодаря тому, что ее конец помещается в подшипнике, находящемся внутри газогенератора, второй же конец оси проходит через сальниковый подшипник. Зольная решетка имеет большой угол поворота, что дает возможность чи-

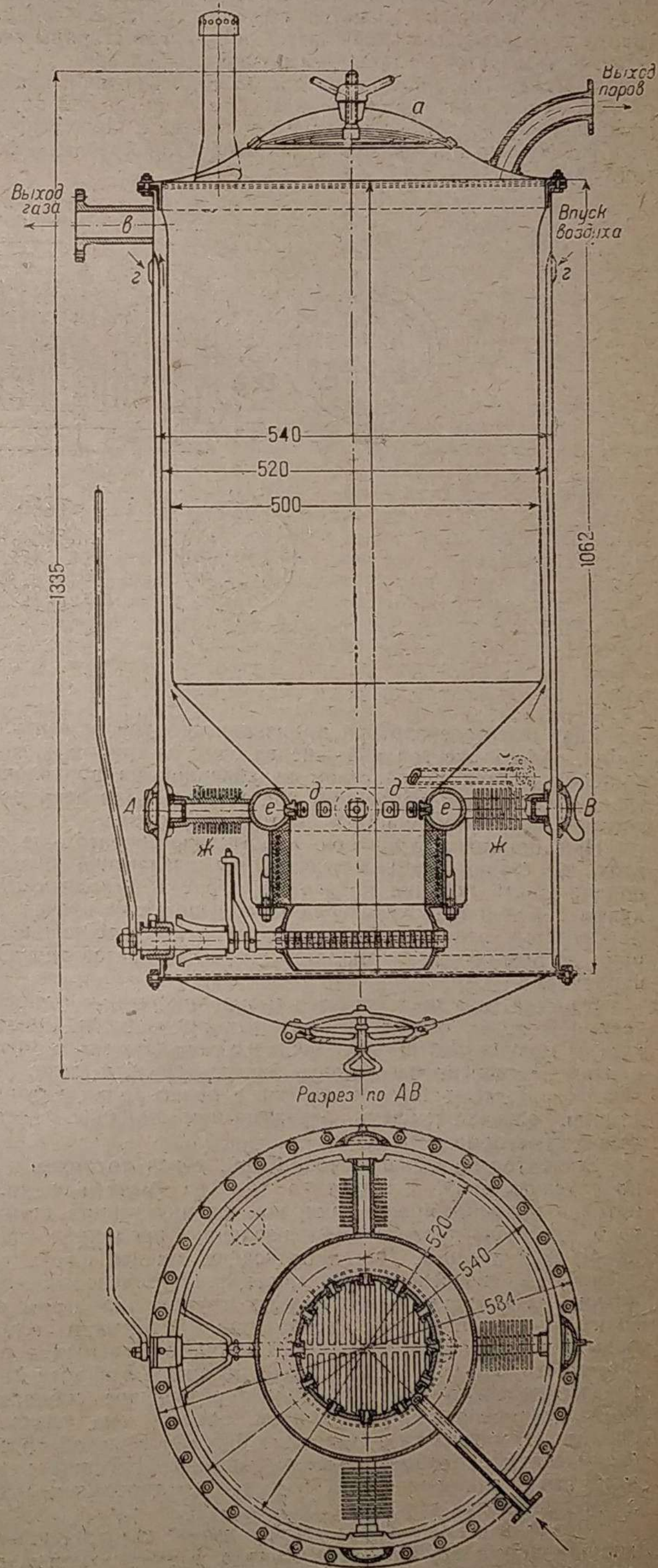


Рис. 2.

стить ее и производить осадку топлива в газогенераторе. Кроме того зольная решетка заключена в шарообразный кожух, предохраняющий от попадания мелкого угля из камеры сжигания в зольное помещение. Зола удаляется из нижней части генератора через нижний люк, который весьма легко открывается посредством винта. Воздух подается путем засасывания его через четыре ребристые трубки ж, которые соединены с трубой е, опоясывающей камеру горения со всех сторон. Из этой трубы воздух через 12 фурмочек д вдувается с большой скоростью в зону горения (40 м/сек). Отбор газа производится в верхней части газогенератора, причем газ, проходя зольную решетку и поднимаясь вверх, на своем пути производит подогрев бункера и воздуха, который движется ему навстречу. Благодаря такому устройству газ охлаждается, а с другой стороны его тепло используется на подогрев воздуха и бункера.

Газогенератор, работая на дровах с повышенной влажностью, будет иметь лишнюю влагу, не нужную для образования газа, поэтому эту влагу мы отводим, конденсируя ее в специально поставленном для этой цели холодильнике (рис. 3).

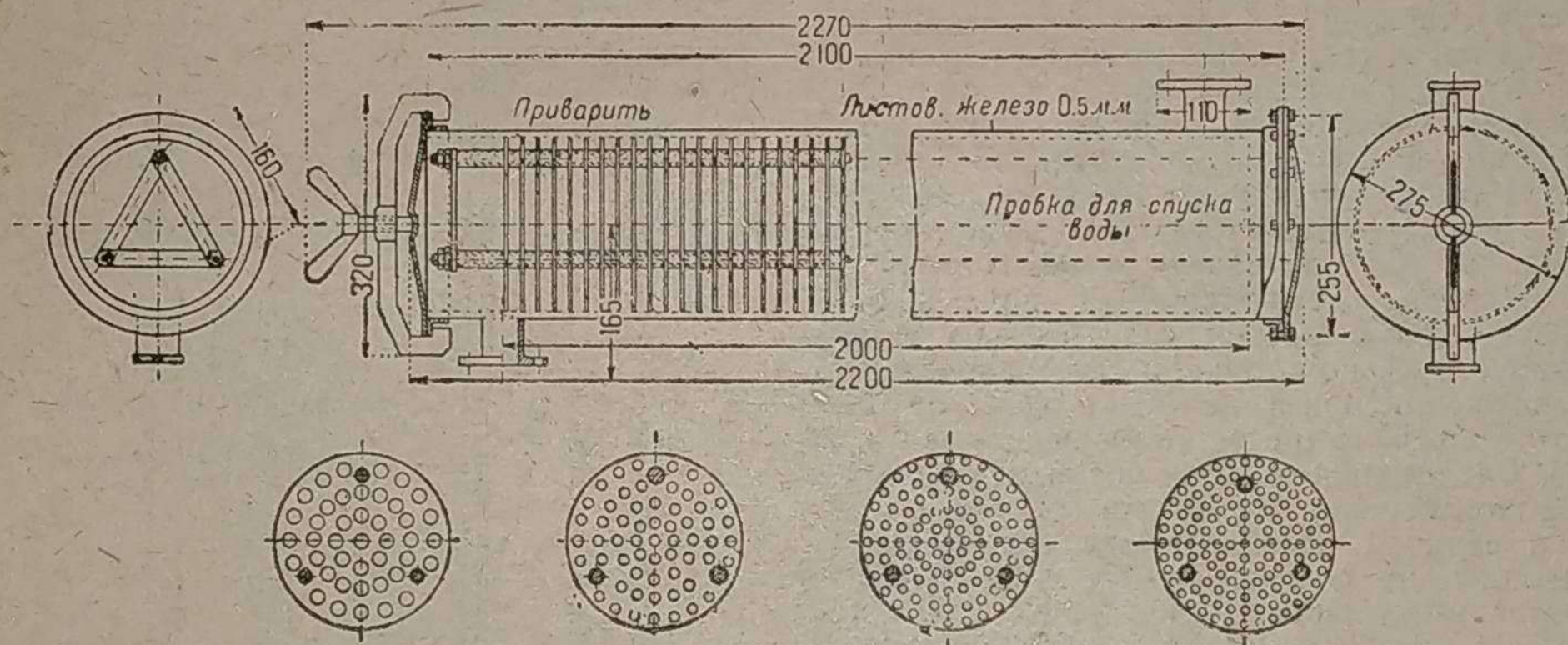


Рис. 3.

Разжиг газогенератора производится ручным вентилятором, поджог же топлива — через одну из трубок ж, подводящих воздух посредством нацепленной на проволочку тряпки, смоченной керосином или нефтью. Для этой цели устроен люк, приходящийся против этой трубы.

При остановке трактора, чтобы газогенератор не заглох, мы ставим специальную трубку, назначение которой поддерживать горение в газогенераторе и отводить продукты горения наружу. Перед первоначальным пуском газогенератор заполняется древесным углем средней величины до воздушных фурм, затем уже загружается дровами-чурбачками.

Очистка газа производится тремя эapurаторами-очистителями (рис. 4), назначение которых производить очистку газа от мелких частиц пыли, золы и охлаждать газ, а вместе с этим конденсировать воду, находящуюся в газе. Два эapurатора имеют внутри железные перегородки с отверстиями, расположенными в шахматном порядке, третий таких перегородок не имеет.

Эapurаторы снабжаются пробкой, через которую можно спускать воду. Ввиду того что газ имеет влажность, которая в холод может замерзнуть на внутренних стенках труб, то трубы должны иметь изоляцию, предохраняющую их от этих явлений. Для конденсации лишней влаги, удаляемой из газогенератора, поставлен конденсатор-холодильник, состоящий из 60 медных трубок диаметром $d = 20$ мм, впаянных в два резервуара. В верхний входят пары воды, проходя через 60 трубок, омываемых воздухом со скоростью 4,8 м/сек (взято по шкале Бофорта № 3), где и конденсируются. В нижнем резервуаре собирается сконденсированная вода, причем отсюда она удаляется вполне автоматически с помощью барометрической трубки, соединенной с барометрическим ящиком. Нижний резервуар имеет скошенное дно, в конце которого для спуска воды поставлена трубка.

Верхний и нижний резервуары имеют съемные крышки для прочистки трубок холодильника. Конструктивные размеры холодильника подсчитаны с учетом наименее благоприятных для его работы факторов, что может служить

гарантией нормальной работы холодильника при всех обстоятельствах. Холодильник засасывает пары воды вследствие разницы в разрежении между верхней частью бункера и местом засоса воздуха в зону горения через воздушные фурмы. Эта разница давлений равна 25—40 мм вод. ст., что проверено опытом в НАТИ.

Установка газогенератора на тракторе «Интернационал 22-36»

В общем по своему конструктивному габаритному очертанию колесный трактор «Интернационал 22-36» не приспособлен для постановки на нем каких-либо дополнительных агрегатов, что ставит конструктора в тяжелое положение.

Мы устанавливаем газогенератор сзади сидения тракториста, крепя его на раме, изготовленной из углового железа, которая в свою очередь крепится имеющимися на шасси трактора болтами по обе стороны от передачи для «пауэр-тэйкофа».

Такая постановка вызывается следующими соображениями.

1. Баки с горючим (керосин, бензин, вода) мы не снимаем, чтобы оставить возможность работы трактора на жидком горючем.

2. Установка газогенератора впереди или сбоку трактора может вызывать отравление тракториста газом, вследствие его ядовитости.

3. Установка газогенератора с боков трактора между задними и передними колесами также невозможна, так как с правой стороны трактора помещается приводной шкив, а с левой стороны помещается очиститель воздуха. Кроме всего установка газогенератора с левой стороны затруднит обслуживание мотора, так как с этой стороны расположены карбюратор и смеситель.

4. Установка газогенератора сзади трактора, сдвинутого в сторону от центральной оси, не затрудняет управления трактором. Тракторист перед собой имеет свободное поле зрения, также имеет возможность наблюдать и за прицепкой; при такой установке можно пользоваться «пауэр-тэйкофом».

5. Получаемые дополнительные нагрузки на левую сторону трактора от веса газогенератора, холодильника уравновешиваются весом тракториста. Ввиду того, что некоторые с.-х. орудия имеют рычаги управления, которые могут задевать за газогенератор при крутых поворотах, мы предлагаем две установки газогенератора: на нормальной высоте от земли — 820 мм и на повышенной высоте — 1300 мм. Оба варианта установки газогенератора не мешают прицепке с.-х. машин к упряжной серьге, так как максимальный подъем равен 380—420 мм.

Для защиты трактора от лучистой теплоты газогенератора ставится щиток из асбестового картона, оббитого с двух сторон кровельным железом.

Очистители помещаются на крыше навеса, который должен служить щитом, предохраняющим тракториста от жары, пыли и дождя. Щит предохраняет тракториста от возможности падения с машины и попадания под прицепки.

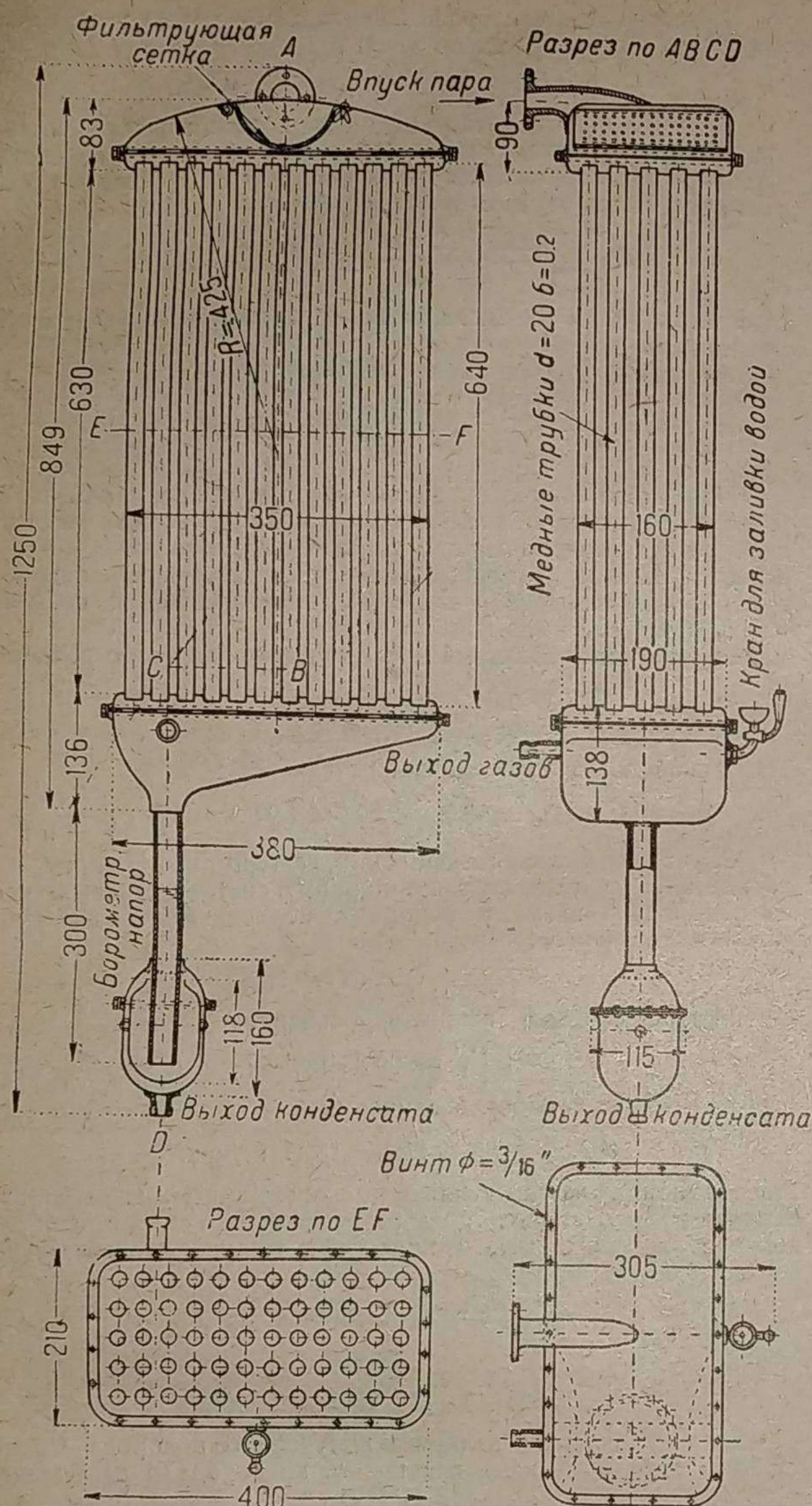


Рис. 4.

Холодильник для конденсирования паров воды ставится с левой стороны трактора, что не мешает уходу за трактором, вследствие небольших габаритных его размеров.

Вентилятор для разжига газогенератора устанавливается с правой стороны трактора таким образом, чтобы он тянул газ из газогенератора через эппураторы и первоначально выводил его наружу, минуя двигатель, что гарантирует двигатель от засорения смолистыми веществами при неуставившемся режиме газогенератора.

Материалы и вес газогенераторной установки

Газогенератор и очистители изготавливаются из железа стандарта СССР.

Холодильник — из железа, кроме холодильных трубок, изготовленных из меди. Трубопроводы — из газовых труб.

Общий вес газогенераторной установки: газогенератора (без топлива) $s = 105$ кг, очистители-эппураторы 61,6 кг, холодильник-конденсатор 8,4 кг, газопроводы 36,81 кг. В среднем составляет 5,9 кг на 1 э. л. с. (керосиновую).

Расчет газогенератора

Обычный метод расчета стационарных газогенераторов прямого горения оказывается неподходящим для расчета

генераторов с горением опрокинутым. Дело в том, что в генераторе прямого горения все продукты сухой перегонки, получающиеся из топлива за время его пребывания в бункере, не попадая в зону высокой температуры, остаются в том виде, в каком они были при выходе из бункера, и механически смешиваются с газом основного газогенераторного процесса. Таким образом, определив состав этих продуктов перегонки и выявив остаток углерода, сгорающего по основному генераторному процессу в CO и CO_2 , простым алгебраическим сложением находят окончательный состав газа, выходящего из газогенератора. Совсем другая картина наблюдается в газогенераторе обратного горения. Здесь продукты сухой перегонки неминуемо проходят через зону высокой температуры и получают в ней тесное соприкосновение с кислородом подводимого воздуха. Очевидно, такие составные части сухой перегонки, как этилен (C_2H_4), смола, древесный спирт, деготь, уксусная кислота и др. будут входить в соединение с кислородом, т. е. сгорать в H_2O , CO и CO_2 ; кроме того возможны новые образования H_2 и CH_4 . В современной литературе совершенно отсутствуют указания, в каких пропорциях происходят процессы этих сгораний, т. е. каковы соотношения между CO , CO_2 , H_2O и H_2 в результате сгорания указанных выше продуктов сухой перегонки. Очевидно такой пробел объясняется новизной процесса опрокинутого горения. Основываясь на этом, предлагаем другой более практичный метод расчета, основанный на данных существующих конструкций генераторов опрокинутого горения передвижного типа. Характерные черты такого расчета будут следующие.

Как известно, состав генераторного газа, полученного из дров при опрокинутом горении, содержит в себе N_2 , CO , CO_2 , H_2 , CH_4 , пары H_2O и незначительные следы кислорода. Всякие другие примеси, вроде C_2H_2 , C_2H_4 , частицы смолы и пр., при правильной работе генератора совершенно отсутствуют; кроме того состав такого газа довольно однообразен для генераторов легкого типа. Это обстоятельство позволяет нам, выбрав наиболее характерный пример состава газа, взятого из жизни, совершенно точно выявить интересующие нас величины подвода кислорода и азота воздуха, а также расхода топлива, выход газа, его калорийность и пр. Таким образом мы решаем поставленную задачу обратным путем: вместо длительного и громоздкого определения состава газа, основанного на длинной веренице априорных заключений, подчас совершенно не подверженных экспериментам, имея готовый состав газа, взятый из практики газогенераторных установок легкого типа, выявляем те факторы, которые создают выход такого состава газа. При составлении теплового баланса в части его, касающейся сухой перегонки, согласно Залескому И. П.¹ принимаем, что реакция сухой перегонки экзотермична. Здесь получается, что топливо, высушенное и доведенное до температуры в 150° , не требует дополнительного подогрева тепла, который необходим лишь для испарения влаги, находящейся в дереве (около 30%). Это замечание чрезвычайно существенно, так как оно освобождает нас от необходимости определять количество подводимого тепла для процесса сухой перегонки и следовательно устраняет нужду в определении состава ее, делая наш метод расчета похожим на расчет топок котлов, где, как известно, анализ сухой перегонки топлива совершенно игнорируется.

В качестве руководящего образца выбираем состав сухого газа, полученного из газогенератора опрокинутого горения системы Сагам, работающего на дровах, в таком виде (по объему):

	%
Окись углерода (CO)	20,9
Углекислота (CO_2)	9,2
Кислород (O_2)	1,8
Водород (H_2)	16,05
Метан (CH_4)	2,15
Азот (N_2)	49,90
	100,0

Примерно такой же состав дает фирма Берлие для своих газогенераторов.

Перейдем теперь к выявлению интересующих нас факторов.

¹ „Заводские толки и печи“, Москва 1926, ГИЗ, стр. 21.

Тепловой процесс газогенератора

Имея состав сухого газа, общее количество которого выбираем равным 100 кг/мол., найдем элементарный состав его.

Здесь и в дальнейшем цифра 100 кг/мол. сухого газа будет для нас основной, для которой мы будем находить величину и характер всех факторов, влияющих на общий ход процесса газификации топлива.

Далее приводим таблицу определения элементарного состава газа.

Состав кг/мол.	C	H ₂	O ₂	N ₂	Реакции
CO — 20,9	20,9	—	10,45	—	C + 0,5O ₂ = CO
CO ₂ — 9,2	9,2	—	9,2	—	C + O ₂ = CO ₂
O ₂ — 1,8	—	—	1,8	—	
H ₂ — 16,05	—	16,5	—	—	
CH ₄ — 2,15	2,15	4,3	—	—	C + 2H ₂ = CH ₄
N ₂ — 49,9	—	—	—	49,9	
Итого 100,0	32,25	20,35	21,45	49,9	

Итак, элементарный состав сухого газа будет: углерода C — 32,25 кг/мол, водорода H₂ — 20,35, кислорода O₂ — 21,45, азота N₂ — 49,9.

Чтобы лучше ориентироваться в процессе газификации, приведем схему, дающую основное представление о нем.

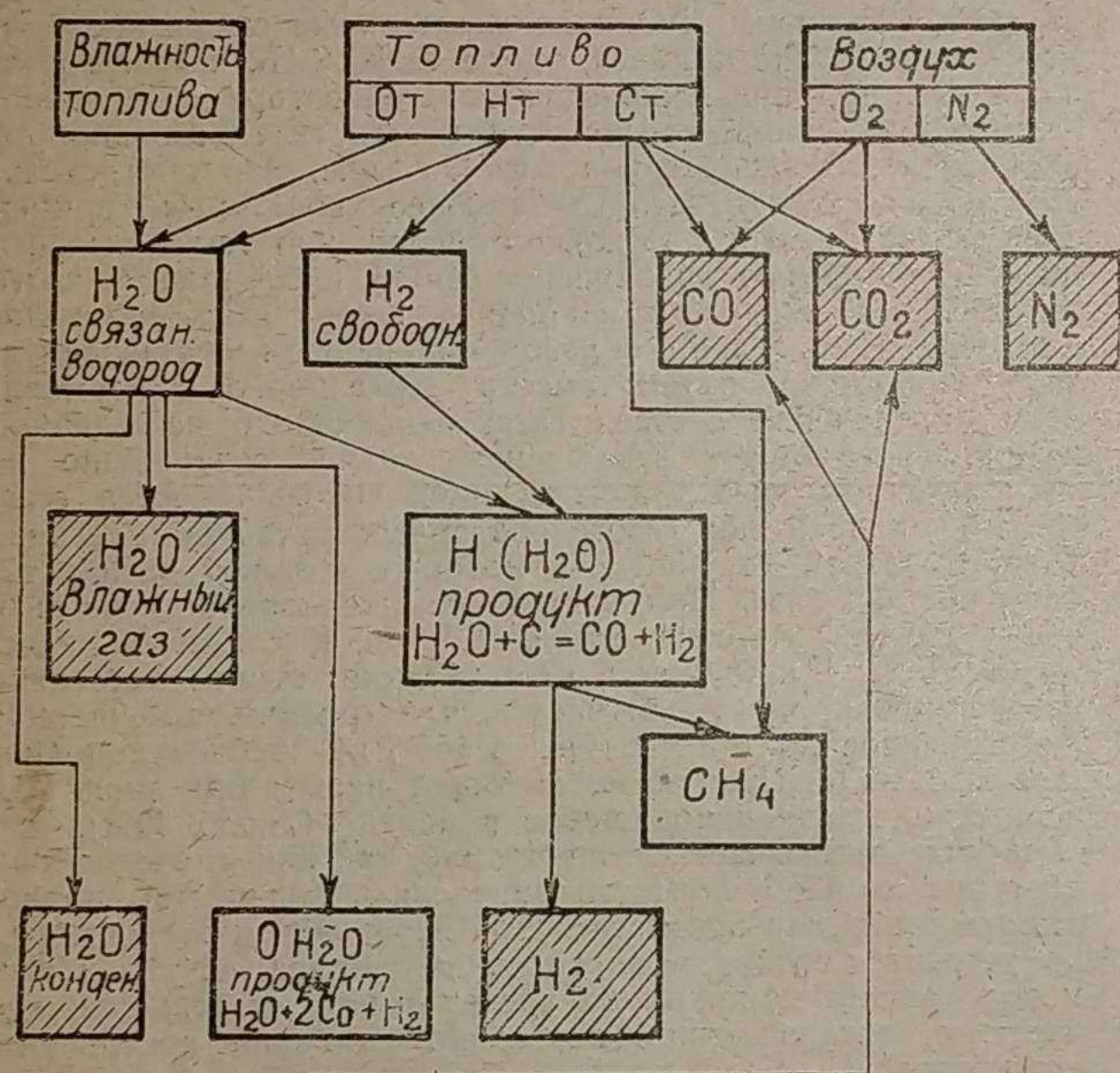


Рис. 5.

Нетрудно видеть, что эта схема не отражает процесса сухой перегонки топлива, а представляет канву, на основе которой появляются непосредственно из топлива, его влажности и воздуха те или иные составные части газа.

Возвращаясь к элементарному составу газа, найденному нами выше, и зная количество азота в газе, можно совершенно точно определить величину подводимого к генератору кислорода воздуха, а также и количество самого воздуха, так как в топливе азот находится в десятых долях процента, которыми без ущерба для точности можно пренебречь.

Таким образом подвод кислорода воздуха будет равен:

$$O_2 = \frac{21}{79}; N_2 = \frac{21}{79} 49,9 = 13,25 \text{ кг/мол.},$$

а подвод самого воздуха составит:

$$Z = \frac{100}{79} 49,9 = 63,1 \text{ кг/мол.},$$

Согласно данным проф. Кукука, химический состав горючей массы дерева будет по весу:

$$C = 50\% : H_2 = 6\% \text{ и } O_2 = 44\%.$$

Отсюда, имея наличие в газе углерода, который, очевидно мог получиться только из топлива, мы можем найти величину водорода и кислорода, которые своим участием в газе обязаны топливу. Таким образом кислород топлива равен:

$$O_m = \frac{32,25 \cdot 12 \cdot 44}{32 \cdot 50} = 10,63 \text{ кг/мол.},$$

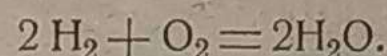
(где числа 12 и 32 означают молекулярные веса углерода и кислорода).

Точно также водород топлива составит:

$$H_m = \frac{32,25 \cdot 12 \cdot 6}{2 \cdot 50} = 23,2 \text{ кг/мол.}$$

Часть этого количества водорода согласно правилу Дюлонга будет находиться в связанном состоянии, т. е. соединена со всем количеством кислорода, находящимся в топливе, и определяется именно наличием последнего. Связанный водород при горении не способен выделить тепло и является поэтому напрасным балластом.

Таким образом связанный водород будет найден по реакции

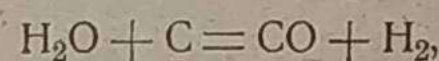


$$\text{Так: } H = 20_m - 2 \cdot 10,63 = 21,26 \text{ кг/мол.}$$

Тогда свободного водорода останется:

$$H_m - 20_m = 23,2 - 21,26 = 1,94 \text{ кг/мол.}$$

Обращаясь к схеме газификации, находим, что водород, содержащийся в газе, по элементарному составу складывается из водорода топлива и водорода, полученного из воды по реакции водяного газа:



следовательно можно написать уравнение:

$$1,94 + H_{H_2O} = 20,35 \text{ кг/мол.}, \quad (1)$$

откуда находим водород водяного газа:

$$H_{H_2O} = 20,35 - 1,94 = 18,41 \text{ кг/мол.}$$

Весь кислород газа, найденный по элементарному его составу, получается за счет кислорода разложившейся воды при образовании водяного газа и кислорода воздуха; следовательно можно написать уравнение:

$$O_{H_2O} + 13,25 = 21,45 \text{ кг/мол.} \quad (2)$$

Откуда:

$$O_{H_2O} = 21,45 - 13,25 = 8,2 \text{ кг/мол.}$$

Если исходить из величины полученного водорода $H_{H_2O} = 18,41$ найденной нами раньше, то кислорода от разложения

H₂O должно получиться $\frac{18,41}{2} = 9,2 \text{ кг/мол.}$ — получается раз-

ница в $\frac{9,2 - 8,2}{100} 100 = 1\%$ по отношению ко всему 100 кг/мол

рассматриваемого газа. Эта ошибка объясняется расхождением между данными газового анализа и химическим составом топлива.

Имея состав сухого газа, найдем вес 100 кг/мол его:

Вес CO	= 20,9 · 28 =	585	кг
" CO ₂	= 9,2 · 44 =	405	"
" O ₂	= 1,8 · 32 =	57,6	"
" H ₂	= 16,05 · 2 =	32,1	"
" CH ₄	= 2,15 · 16 =	34,4	"
" N ₂	= 49,9 · 28 =	1 400,0	"

Итого 100 кг/мол. весят 2 514 кг.

Это количество газа при 0° и 760 мм рт. ст. занимает объем: $100 \cdot 22,4 = 2 140 \text{ м}^3$.

Удельный вес сухого газа при этих же условиях будет:

$$\gamma_{\text{газ}} = \frac{2 514}{2 140} = 1,12 \text{ кг/м}^3.$$

Чистый вес горючей массы топлива складывается из веса углерода $C_m = 32,25 \cdot 12 = 387 \text{ кг}$, веса кислорода $O_m = 10,63 \cdot 32 = 340,6 \text{ кг}$, веса водорода $H_m = 23,2 \cdot 2 = 46,4 \text{ кг}$, итого вес горючей массы топлива — 744 кг.

Принятые нами дрова имеют гигроскопическую влажность, равную 30%. Следовательно, вес ее составит:

$$\frac{30}{100-30} 744 = 332 \text{ кг} = \frac{332}{18} = 18,4 \text{ кг/мол.}$$

Вся эта влага после испарения должна быть удалена из генератора.

Вес воздуха будет: на 100 кг/мол. сухого газа получится из веса кислорода $O_2 = 13,25 \cdot 32 = 424 \text{ кг}$, веса азота $N_2 = 49,9 \cdot 28 = 1395 \text{ кг}$, итого вес воздуха на 100 кг/мол. газа — 1819 кг.

Влажность газа составляется из паров воды связанного водорода, получающегося из топлива согласно правилу Дюлонга, за вычетом H_2O по реакции $H_2O + C = CO + H_2$.

Таким образом на 100 кг/мол. сухого генераторного газа приходится паров воды: $18 (21,26 - 18,41) = 51,3 \text{ кг}$ или $21,26 - 18,41 = 2,85 \text{ кг/мол.}$

Таким образом объем влажного газа при 0° и 760 мм рт. ст. будет $(100 + 2,85) 22,4 = 2300 \text{ м}^3$. В 1 куб. м влажного газа будет воды:

$$\frac{51,3}{2300} = 0,022 \text{ кг} = 22 \text{ г.}$$

Ниже приводим материальный баланс на 100 кг/мол. сухого газа.

Приход в кг:	Расход в кг:
1. Вес сухого топлива . 774	1. Вес сухого газа . . 2514,0
2. " его влажности . 332	2. " его влаги . . 51,3
3. " воздуха 1819	3. " удаленной из генератора влаги . 332,0
Итого . . 2925	Итого . . 2897,3

Незначительная разница в итогах $2925 - 2897,3 = 27,7 \text{ кг}$ составляет $\frac{27,7}{2786,5} = 1\%$ и объясняется погрешностью арифметического подсчета.

Далее находим теплоемкость влажного газа, выходящего из генератора. Для этого строим таблицу, где W_h выражает объемные доли составляющих газ, а C_p — теплоемкость при постоянном давлении 1 куб. м газа, отнесенного к нормальным техническим условиям.

Состав	кг/мол.	W_h	C_p	$W_h C_p$
CO	20,9	0,2032	0,279	0,0567
CO ₂	9,2	0,0895	0,370	0,0331
O ₂	1,8	0,0175	0,285	0,0050
H ₂	16,05	0,1560	0,282	0,0440
CH ₄	2,15	0,0210	0,390	0,0082
N ₂	49,9	0,4850	0,281	0,1360
H ₂ O	2,85	0,0278	0,350	0,0097
Итого	102,85	1,0000	—	0,2927

Полученная величина представляет теплоемкость 1 м³ газа при постоянном давлении, отнесенного к 15° и 1 ат = 737 мм рт. ст. Для наших условий (0° и 760 мм) теплоемкость 1 м³ этого же газа будет равна:

$$C_p = \frac{760 \cdot 288}{737 \cdot 273} 0,2927 = 0,318 \text{ кг/м}^3.$$

Как было найдено ранее, 100 кг/мол. сухого газа обуславливает выход 2240 м³ сухого газа при затрате 774 кг горючей массы топлива, влага которого весит 332 кг.

Таким образом из 1 кг сухого топлива получается:

$$\frac{2240}{774} = 2,9 \text{ м}^3/\text{кг сухого газа.}$$

Из 1 кг влажного топлива ($W = 30\%$) образуется:

$$\frac{2240}{774 + 332} = 2,03/\text{м}^3/\text{кг сухого газа при } 0^\circ \text{ и } 760 \text{ мм рт. ст.}$$

Низшую теплотворную способность 1 м³ сухого газа при этих же условиях найдем из выражения:

$$H_u = 2560 H_2 + 3050 CO + 8530 CH_4 = 2560 \cdot 0,1605 + 3050 \cdot 0,209 + 8530 \cdot 0,0215 = 1230 \text{ см}^3.$$

Экономический к. п. д. тракторного двигателя при работе его на генераторном газе оцениваем в 20%. Тогда из приведенного ниже уравнения можно определить расход газа на 1 э. л. с.-ч.

$$h_g = \frac{632}{B \cdot H_u} = \frac{632}{B \cdot 1230} = 0,2;$$

откуда $B = 2,57 \text{ м}^3$ 1 л. с. ч., что в переводе на дрова составит расход последних:

$$B = \frac{2,57}{2,03} = 1,265 \text{ кг/л. с.-ч.}$$

Проф. Гиттис для дров дает: $B = 1,2 \text{ кг/л. с.-ч.}$

Определение конструктивных размеров генератора

Эффективная мощность двигателя трактора „Интернационал“ при работе на керосине принимается в 36 л. с. (тип. 22-36).

Потерю мощности при переходе с керосина на газ оцениваем в 30%. Тогда эффективная мощность мотора, работающего на генераторном газе, определится в:

$$N_g = 0,7 \cdot 36 = 25,2 \text{ л. с.}$$

Запас топлива принимается на $2\frac{1}{2}$ часа.

Размеры бункера. Расход дров влажностью $W = 30\%$ на $2\frac{1}{2}$ часа составит:

$$2,5 B N_g = 2,5 \cdot 1,265 \cdot 25,2 = 80 \text{ кг.}$$

Принимая удельный вес дерева равным $\gamma = 0,7$, а коэффициент заполнения бункера 0,75, получим объем последнего:

$$V = \frac{1980}{0,7 \cdot 0,75} = 152 \text{ л.} = 0,152 \text{ м}^3.$$

Если бункер будет иметь форму, изображенную на прилагаемом рисунке (рис. 6), то высоту его h можно будет получить из уравнения:

$$\frac{\pi 0,5^2}{4} h + \frac{\pi}{3} 0,19 (0,25^2 + 0,25 \cdot 0,095 + 0,095^2) = 0,152 \text{ м}^3.$$

Откуда: $h = 0,68 \text{ м} = 680 \text{ мм.}$

Итак: $h = 680$ и $D = 500$.

Размеры камеры сгорания. Часовой расход сухого газа у двигателя при его максимальной мощности в $N_g = 25,2 \text{ л. с.}$ будет равен:

$$Q_{газ} = B N_g = 2,57 \cdot 25,2 = 65 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Как было указано раньше, на 100 объемных единиц сухого газа приходится 63,1 объемных единиц воздуха. Следовательно часовой приток воздуха в генератор составит.

$$Q_{воз} \frac{63,1}{100} Q_{газ} = \frac{63,1}{100} 65 = 41 \text{ м}^3/\text{час.}$$

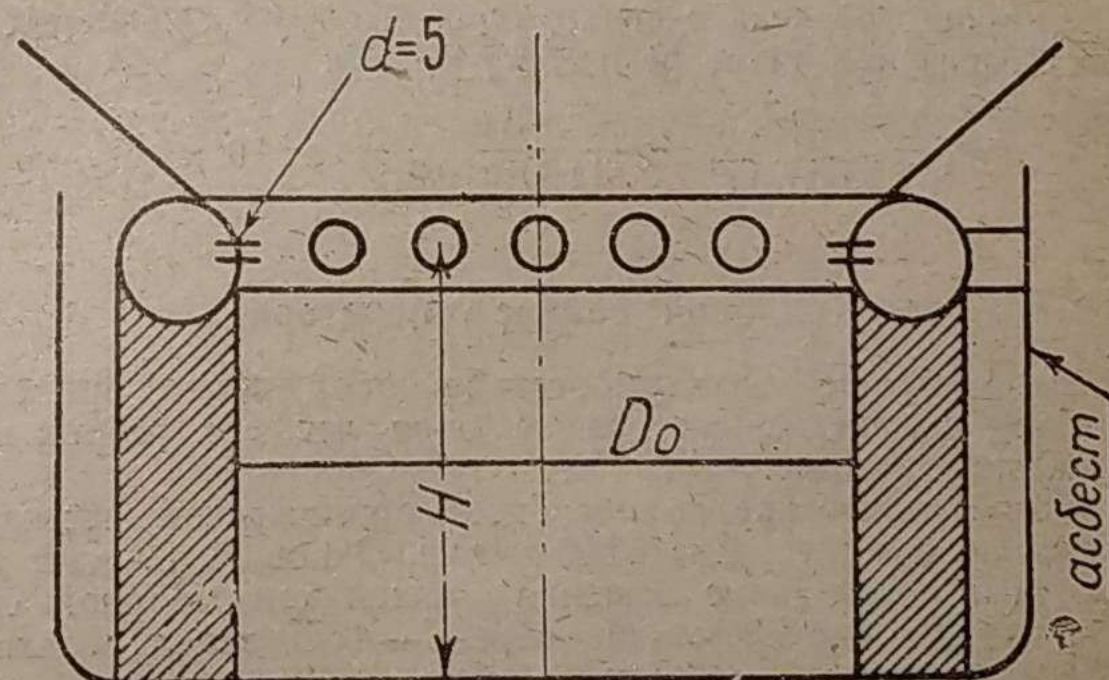


Рис. 6.

Если воздух, выходя из фур диаметром $d = 5 \text{ мм}$, будет иметь скорость $v_1 = 48 \text{ м/сек}$ (что обычно имеет место в дровяных генераторах), то число фур найдем из выражения:

$$h = \frac{Q_{воз}}{\frac{\pi d^2}{4} V_1} = \frac{41}{\frac{3600 \cdot \pi \cdot 0,005^2}{4} 48} = 12 \text{ шт.}$$

Итак $h = 12 \text{ шт.}$, $d = 5 \text{ мм.}$

Камеру сгорания для нашего генератора выбираем цилиндрической формы, изготовленной из шамота и огнеупорной глины. Для большой прочности футеровка имеет металлический каркас. Известно, что необходимейшим условием всякой газогенераторной установки является отсутствие смолы. Мы придерживаемся мнения, неоднократно проверенного на практике, что при обратном процессе, работая на дровах, можно избежать появления в генераторном газе смолы и ее паров. Для этого необходимо лишь создать в камере сгорания высокое напряжение горения, определяющееся температурой в $1200 + 1300^\circ$.

Таким напряжением горения должно быть $q = 1100$ ккал/м². Часовой расход влажных дров для нашего генератора будет равен:

$$L_m = \frac{80}{2,5} = 32 \text{ кг/час.}$$

При указанном выше напряжении горения диаметр камеры сгорания найдем из уравнения:

$$\frac{\pi D_o^2 q}{4} = C_m.$$

Откуда

$$D_o = \sqrt{\frac{4 L_m}{\pi q}} = \sqrt{\frac{4,32}{\pi \cdot 1100}} = 0,192 \text{ м}$$

скорость прохода воздуха через эту камеру

$$V_2 = \frac{Q_{воз}}{3600 \pi D_o^2} = \frac{41}{3600 \pi 0,192^2} = 0,393 \text{ м/сек.}$$

Мнимая¹ скорость выхода газов из камеры сгорания будет равна:

$$v_3 = \frac{Q_{газ}}{3600 \pi D_o^2} = \frac{65}{3600 \pi 0,192^2} = 0,623 \text{ м/сек.}$$

Высоту зоны горения выбираем равной $H = 168$ мм. Цифра эта не может быть строго обоснована расчетом, так как в современной литературе о легких газогенераторах отсутствуют какие-либо указания по этому вопросу.

Эту высоту для данного типа генератора скорее всего придется экспериментировать.

Трубопроводы. Выбрав внутренний диаметр всего газопровода $d = 40$ мм, получим скорость газов в нем из уравнения:

$$v_3 = \frac{Q_{газ}}{3600 \pi \frac{d^2}{4}} = \frac{65}{3600 \pi \frac{0,04^2}{4}} = 14,3 \text{ м/сек.}$$

Гюльднер дает значение для $v_3 = 10 + 20$ м/сек.

Скорость воздуха в подводящих его трубах в камере сгорания равна при диаметре в свету $d = 3/4$:

$$v_4 = \frac{Q_{воз}}{3600 \cdot 4 F} = \frac{41}{3600 \cdot \pi \cdot 0,0192^2} = 10 \text{ м/сек.}$$

Тепловой баланс генератора

Чтобы лучше иллюстрировать тепловой процесс, приведем тепловой баланс генератора за один час его работы при нормальном режиме.

Высшая теплотворная способность органической массы древесины по Кукуку равна 4500 ккал/кг. Окнов М. Г.² дает для различных пород такие значения высшей теплотворной способности: дуб — 4530 ккал/кг, береза — 4590 ккал/кг, ольха — 4540 ккал/кг, осина — 450 ккал/кг, сосна — 4740.

Мы принимаем $H_0 = 4500$ ккал/кг. Тогда низшая (рабочая) теплотворная способность органической массы будет равна:

$$H_n = H_0 - 54 H^* = 4500 - 54 \cdot 6 = 4176 \text{ ккал/кг.}$$

Здесь $H = 6$ представляет процентное содержание водорода в топливе.

¹ Действительная скорость будет иная, так как часть камеры займет топливо, кроме того объем газа под влиянием высокой температуры также будет другим.

² Окнов М. Г., Топливо и его сжигание, Ленинград 1929.

* Кноре Г. Ф., Тепловые расчеты котельных установок, изд. "Техн. и производство", Ленинград 1928, стр. 17.

1. Выделение тепла при получении 100 кг/мол (22,40 м³) газа равно 4176 · 774 ккал.

Часовое выделение тепла в генераторе при получении 65 м³ газа тогда будет:

$$\frac{4176 \cdot 774 \cdot 65}{2240} = 93800 \text{ ккал/час.}$$

2. Химическая теплота образованного газа:

$$1230 \cdot 65 = 80000 \text{ ккал/час.}$$

3. Внешние потери тепла складываются из:

- а) потерь через цилиндрическую часть генератора,
- б) " " верхнее днище,
- в) " " нижнее

а) если температуру верхней цилиндрической части оценить в 400°, а нижней в 1600°, то средняя температура цилиндрической части будет равна:

$$\frac{40 + 1600}{2} = 1000.$$

Тогда при высоте ее в 1100 мм и диаметре в 540 мм потери тепла за один час выразятся цифрой:

$$2,2 \sqrt[4]{100 - 15} \cdot \pi \cdot 0,54 \cdot 1,1(100 - 15)^{**} = 1060 \text{ ккал/час.}$$

б) Среднюю температуру верхнего днища принимаем равной 1000°.

Тогда потери через это днище будут:

$$2,2 \sqrt[4]{100 - 15} \cdot \frac{\pi \cdot 0,54^2}{4} (100 - 15) = 130 \text{ ккал/час.}$$

в) Среднюю температуру нижнего днища определяем в 240° (внутри это днище должно быть изолировано асбестом). Здесь тепловые потери равны

$$2,2 \sqrt[4]{240 - 15} \cdot \frac{\pi \cdot 0,54^2}{4} (240 - 15) = 440 \text{ ккал/час.}$$

Итого суммарные тепловые потери газогенератора составляют $1060 + 130 + 440 = 1630$ ккал/час.

4. Унесенная газами угольная пыль, а также механический недожог топлива создают потери, которые мы определяем в 1/2 % от всего введенного в генератор топлива, т. е.:

$$0,005 \cdot 93800 = 470 \text{ ккал/час.}$$

5. Теплота, необходимая для испарения и нагревания до 100° 332 кг гигроскопической влаги топлива ($W = 30\%$), составит:

$$332 \cdot 638 \cdot \frac{65}{240} = 6150 \text{ ккал/час.}$$

6. Кроме того, имеется еще физическая теплота газа, уносимая им при выходе из генератора и составляющая также потерю генераторного процесса. Здесь следует отметить, что газ выходит из генератора, имея некоторую влажность, получившуюся вследствие неполного химического разложения воды топлива по реакции водяного газа. Поэтому 100 кг/мол. сухого газа приходится 2,85 кг/мол паров воды. Следовательно для нашего случая влажный газ займет объем:

$$65 \cdot \frac{100 + 2,85}{100} = 66,7 \text{ м}^3,$$

Ниже приводим этот тепловой баланс.

I. Приход в калориях за 1 час.		%
1. Теплота газифицируемого топлива	93800	100,0
II. Расход в калориях за 1 час		
1. Химическая теплота газа	80000	85,4
2. Внешние потери генератора	1630	1,7
3. Потери от механического недожога	470	0,5
4. Теплота, затраченная на испарение гигроскопической влаги ($W = 30\%$)	6150	6,5
5. Физическая теплота газов (на разности)	5555	5,9
Итого	93800	100,0

Исходя из полученной по разности физической теплоты газа, можем легко найти его температуру, если теплоемкость его при постоянном давлении равна:

$$C_p = 0,318 \text{ ккал/м}^3 \text{ при } 0^\circ \text{ и } 760 \text{ мм.}$$

$$\text{Итак } t_{газ} = \frac{5550}{66,7 \cdot 0,318} = 262^\circ.$$

** См. Hütte, т. I стр. 409.

Полученная температура мало отличается от результатов практики. Так температура выходящего газа у генератора „Автогаза“ колеблется от 150 до 200° в зависимости от нагрузки. Генератор системы Берлие показывал выход газа температурой в 200 + 250°.

Экономический к. п. д. нашего генератора составляет согласно тепловому балансу:

$$\eta_{\text{э}} = 85,4\%$$

Расчет холодильника

Как упоминалось уже выше, холодильник предназначается для конденсации тех паров гигроскопической влаги топлива, которые изъяты из верхней части бункера.

Этот холодильник состоит из системы параллельных, отключаемых снаружи струей холодного воздуха и оканчивающихся внизу коллектором, собирающим сконденсированный пар.

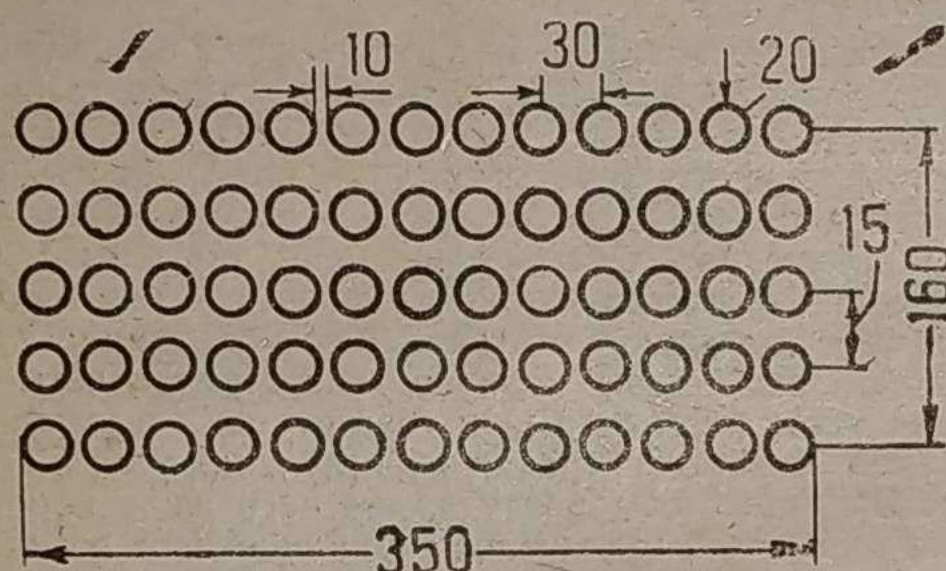


Рис. 7.

Холодильник рассчитываем, принимая нормальные условия „слабый ветер“ имеющий скорость $V=4,8$ м/сек (скала Бофорта № 3) и температуру $t_{\text{воз}} = 15^\circ$.

Трактор принимается при этом неподвижным.

При любой поверхности холодильника $0,35 + 0,5 = 0,85$ м² часовой расход протекающего через него воздуха будет равен:

$$T_{\text{воз}} = 4,8 \cdot 0,85 \cdot 3600 = 3620 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Для конденсации 332 кг пара и охлаждения конденсата до 80° необходимо отнять тепла в количестве:

$$332 \cdot (539 + 20) = 186000 \text{ кал/час.}$$

В наших условиях при отборе газа 65 м³/час получаем расход тепла:

$$Q = 186000 \cdot \frac{65}{2240} = 5380 \text{ кал/час.}$$

Конечная температура охлаждающего холодильник воздуха легко может быть найдена из уравнения:

$$Q = C_p T(t_{\text{воз}} - 15^\circ) \quad (1)$$

Здесь $C_p = 0,282$ кал/м³ — теплоемкость воздуха при постоянном давлении и при 15° и 1 ат.

Подставляя в ф-лу (1) известные нам величины, получаем:

$$5380 = 0,282 \cdot 3620 (t_{\text{воз}} - 15^\circ);$$

откуда:

$$t = \frac{5380}{3620 \cdot 0,282} + 15^\circ = 20,3^\circ$$

Поверхность охлаждения F может быть найдена из известной формулы теплопередачи:

$$Q = F_k (t_{\text{пар}} - t_{\text{воз}}) \quad (2)$$

По Ритшелю¹ для калорифера, имеющего трубки $d=21,5$ мм, расположенные на расстоянии 45 мм, коэффициент теплопередачи для скорости воздуха:

$$v=4,5 \text{ м/сек равен } k=23,3 \\ \text{и для } 5 \text{ м/сек } k=25,3.$$

В нашем случае для $V=4,8$ м/сек, интерполируя в этих пределах, получим $k=24,5$. Среднюю температуру паровой средней оцениваем в 98° (так как главная часть тепла будет

выделяться как результат конденсации пара). Средняя температура воздуха составит:

$$t_{\text{воз}} = \frac{20,3^\circ + 15^\circ}{2} = 17,6^\circ.$$

Подставляя все эти величины в ф-лу (2), получим:

$$5380 = F 24,5 (98 - 17,6^\circ).$$

Откуда $F = 2,73$ м².

Скинув отсюда 0,35 м² на поверхность верхней и нижней камер холодильника, получим, что на долю охлаждающей поверхности трубок приходится $2,73 - 0,35 = 2,38$ м².

Если диаметр наших трубок будет 20 мм, а высота их 630 мм, то число их n можно легко найти из уравнения:

$$\pi \cdot 0,02 \cdot 0,63 \cdot 12 = 2,38. \quad (3)$$

Откуда

$$n = \frac{2,38}{\pi \cdot 0,02 \cdot 0,63} = 60 \text{ шт.}$$

Габаритные размеры согласно рис. 8 получаются такими:

$$12 \cdot 20 + 11 \cdot 10 = 350 \text{ мм} \\ 5 \cdot 20 + 4 \cdot 15 = 160 \text{ мм.}$$

Расчет паропровода

Выбрав для паропровода, соединяющего верхнюю часть бункера с холодильником, медную трубу диаметром $d=25$ мм и длиной $l=2$ м, найдем ту минимальную разность делений, которую необходимо иметь, для того чтобы в течение часа успеть перебросить из бункера в холодильник нужное количество испарившейся влаги топлива. Падение давления (напора) для паропровода выражается формулой¹:

$$\Delta_p = 22,5 \beta \frac{G^2}{p_d} l. \quad (1)$$

Допуская полное испарение гигроскопической влаги топлива, т. е. 332 кг на каждые 100 молекул газа, получим часовой выход пара:

$$G = 332 \cdot \frac{65}{2240} = 9,65 \text{ кг/час.}$$

Коэффициент торможения по Фрицше зависит от величины диаметра и расхода пара так:

$$\beta = 2,526 \frac{d \cdot 0,027}{G \cdot 0,148} = 2,526 \frac{25 \cdot 0,027}{9,65 \cdot 0,148} = 1,98$$

Таким образом согласно ф-ле (1) при атмосферном давлении в трубопроводе получаем потерю давления:

$$\Delta_p = 22,5 \cdot 1,98 \cdot \frac{9,65^2}{1,25^5} \cdot 2 = 0,0085 \text{ ат} = 8,5 \text{ мм вод. ст.}$$

Итак, потеря напора составляет при выбранном нами трубопроводе всего лишь 8,5 мм. Мы же располагаем 25 мм, что является подтверждением правильно выбранного размера трубопровода.

Расчет очистителей

Система очистки представляет собою три последовательно соединенных длинных цилиндра, из которых первый является расширителем, а два другие снабжены дырчатыми пластинками (по 90 пластин на каждый цилиндр). Очистители имеют размеры — диаметр 225 мм и длина 2100 мм.

Объем всей системы составит:

$$W = \frac{\pi \cdot 0,225^2}{4} \cdot 2,1 = 0,252 \text{ м}^3 = 252 \text{ л,}$$

что составит на 1 э. л. с. $\frac{252}{25,2} = 10$ л/1 л. с.

Гюльднер² для сухих очистителей рекомендует на 1 л. с. от 5 до 15 л.

Наша система очистки, как уже упоминалось раньше, несет также функции холодильника, причем газ, пройдя всю систему должен охладиться с 262 до 40°. Так как очистители заполнены пластинками, имеющими различное число отверстий различного диаметра, то очевидно скорость газа, а следовательно и коэффициент теплопередачи также будут различными.

* Цифра 332 определяет вес влаги топлива, необходимого для образования 100 кг/мол (2240 м³) генераторного газа.

¹ Руководство по отоплению, ГИЗ, 1928, Москва—Ленинград, стр. 158.

² H ü t t e, т. I, стр. 482, изд. Бинт, Берлин 1926.
Двигатели внутреннего сгорания, ГТИЗ, Ленинград 1930, стр. 423.

Нетрудно доказать, что площадь свободного прохода газа при числе отверстий равно n , и диаметре d будет равна:

$$F = \frac{\pi d^2}{4} n c v^2 \quad (1)$$

скорость газа при часовом расходе его в 66,7 м³/час будет:

$$v = \frac{65}{0,36F} \text{ м/сек.} \quad (2)$$

Коэффициент теплопередачи от газа, движущегося со скоростью v к металлической стенке по Мольве равен:

$$\alpha = 2 + 10 \sqrt{v} \quad (3)$$

Следуя всем этим трем формулам, вычислена таблица, дающая величину коэффициента теплопередачи для шести различных точек очистительной системы.

	1-й очист.		2-й очист.		3-й очист.	
Диаметр отверстия d	22,5	22,5	1,0	1,0	1,5	2,0
Число отверстий n	1	1	120	93,0	60	42
Площадь F см ²	400	400	94	105,0	106	132
Скорость газа v м/сек	0,45	0,45	1,92	1,72	1,7	1,37
Коэффициент теплопередачи α	8,7	8,7	15,8	15,1	15	13,7

Таким образом среднее значение коэффициента теплопередачи газа к стенке очистителя будет равно:

$$\alpha_{\text{газ}} = \frac{8,7 + 8,7 + 15,8 + 15,1 + 15 + 13,7}{6} = 12,8.$$

Коэффициент теплопередачи от воздуха, движущегося со скоростью $v_{\text{воз}} = 4,8$ м/сек (шкала Бофорта № 3) к металлической стенке будет равна

$$\alpha_{\text{воз}} = 2 + 10 \sqrt{v_{\text{воз}}} = 2 + 10 \cdot \sqrt{4,8} = 23,9.$$

Следовательно общий коэффициент теплопередачи от газа к окружающему воздуху будет равен:

$$K = \frac{\alpha_{\text{воз}} \cdot \alpha_{\text{газ}}}{\alpha_{\text{воз}} + \alpha_{\text{газ}}} = \frac{23,9 \cdot 12,8}{23,9 + 12,8} = 8,35$$

Теперь, задавшись конечной температурой газа при выходе (40°), мы сумеем составить равенство между тепловой емкостью газа и теплопередачей ее воздуху.

$$(t_{\text{газ}} - 40^\circ) C_p 66,7 = K F_0 \frac{(t_{\text{воз}} + 40^\circ - 15^\circ)}{2}$$

Здесь $t_{\text{газ}} = 262^\circ$ температура выхода газа из генератора
 $C_p = 0,318$.

Следовательно имеем:

$$(262 - 40) 0,318 \cdot 66,7 = 8,35 \cdot F \frac{(262^\circ + 40^\circ - 15^\circ)}{2}$$

Откуда $F_0 = 4,15$ м².

Учитывая загрязняющее влияние сажи и копоти, выбираем поверхность охлаждения, равную при $D = 225$ мм и $H = 2100$ мм

$$F = \pi D H + 2 \frac{\pi O^2}{4} = (\pi \cdot 0,225 \cdot 2,1 + 2 \frac{\pi \cdot 0,225^2}{4}) 3 = 4,7 \text{ м}^2.$$

В заключение хотелось бы указать на те особенности конструкции, наличие которых улучшает условия газообразования. Сюда прежде всего необходимо отнести получение и сохранение высоких температур, по возможности во всей камере сгорания—главным образом в восстановительной зоне ее. Это условие может быть выполнено, так же как и в топках, двумя способами, из которых первый состоит в подогреве воздуха, по возможности до самой высокой температуры при помощи двойных стенок корпуса генератора и четырех вертикальных воздухопроводных труб, а второй—в тепловой изоляции всей камеры сгорания от излучения слоем асбеста и от теплопередачи слоем воздуха, для чего наша конструкция снабжена рубашкой, заполненной неподвижным воздухом.

Следующий момент, на который было обращено внимание, это достижение сплошного зеркала горения, так как при наличии „непрогорающих зон“, т. е. нераскаленных мест угля, можно допустить проникновение через них продуктов сухой перегонки (смол, уксуса и т. д.), которые, не встретив в дальнейшем высокой температуры, не сгорят, а, испарившись, направятся в мотор, что конечно недопустимо. Для этой цели необходимо было создать высокое напряжение в зеркале горения (около 1100 кг/м) или иначе поднять интенсивность горения, для чего скорость выхода воздуха из сопл была доведена до 48 м/сек, а число их—до 12. Таким образом воздух получил возможность проникать глубоко к центру из 12 точек, расположенных по периферии зеркала горения.

В № 1 рефератного журнала «За овладение техникой»,

серия автотракторная промышленность,

помещены между прочим материалом рефераты статей:

новый универсальный способ измерения тысячных долей миллиметра,

производство кузовов из прессованной стали,

конструктивные особенности 3-осных автомобилей,

аннотации статей из иностранных журналов за 2-ю половину 1931 г.,

аннотации книг по автотракторному делу, вышедших в 1931 г.

Подписная цена на год 8 руб., на 1/2 года 4 руб., на 3 мес. 2 руб., отдельный номер 80 коп,

Подписка принимается во всех почтовых отделениях.

Отличие этой программы от программы обычного промфинплана завода с установившейся мощностью заключается в том, что последняя является базой для построения всего промфинплана, в то время как в нашем случае, наоборот, производственная программа сама является производным плана освоения технологического процесса (пп. 2 и 3). Это важнейшее и принципиальное различие между двумя системами промфинплана.

7. Расчет незавершенного производства. Значение этого расчета весьма велико именно для пускового периода, когда все установленные нормы запасов незавершенного производства именно потому и не годятся, что они суть нормы установившегося, нормального производства.

8. Установление фонда зарплаты. Здесь необходимо отметить следующее: обычное преувеличение количества рабочих и служащих в начальный период скрывает в себе элементы подготовки кадров для будущего времени. При разработке показателей себестоимости производства (см. соответствующий пункт) необходимо проработать вопрос о перенесении части зарплаты в фонд покрытия расходов, связанных с пуском завода в ход. Трудность будет заключаться в определении размеров этой части.

9. План снабжения материалами, топливом, изделиями со стороны и т. д. Установление «норм» запаса, материалов и т. д.

Это — решающий элемент промфинплана, на котором в пусковой период «проваливались» буквально все наши новые заводы и преимущественно из-за недостатков планирования, из-за отсутствия у нас навыка глядеть вперед и в деле снабжения так же, как и в вопросах программы производства, труда, себестоимости и т. д. Для таких отраслей промышленности, как тракторная, автомобильная, по этому пункту речь будет идти не только о плане снабжения материалами, но и о целой самостоятельной и весьма сложной проблеме планирования так называемых смежных производств.

10. Расчет накладных расходов: а) текущий ремонт, б) амортизация, в) цеховые расходы, г) общезаводские расходы.

Последние два пункта потребуют весьма тщательной проработки, так как по ним будут расходоваться значительные средства, пользуясь «естественными» прикрытиями ненормального их размера в пусковой период.

11. Смета производства.

12. Калькуляция себестоимости.

При разработке этих двух разделов надо заранее предупредить попытки отнести покрытие расходов, указанных в п. 4 на последующие годы за счет издержек производства. Это совершенно исказит динамику действительной себестоимости в последующий период. Источник покрытия этих расходов может быть правильно найден лишь в бюджетных ассигнованиях на капитальное строительство. Это, во всяком случае, вредно для крупных заводов, где подобные расходы вырастают до исключительных размеров, например по предварительной смете Челябинского тракторного завода — 14 млн. руб.

13. Финплан.

14. Баланс.

Так рисуется нам схема промфинплана пускового периода в черновом виде. Ее надо уточнить, пополнить, может быть, выбросить то, что не характерно именно для пускового периода. Нужно затем разработать на основе схемы систему форм промфинплана пускового периода. Наконец, в виде опыта и попытаться спроектировать пробный план для какого-либо предприятия, пускаемого, скажем, в II или III квартале 1932 г. Работа эта будет чрезвычайно сложной, ибо нет опыта составления подобного плана, но она нам вполне под силу, ибо за нашими плечами грандиозный опыт 1931 г.

Надо изучить, проанализировать и обобщить этот опыт.

Инж.-мех. А. Маричев

Технико-экономические перспективы газификации челябинского угля

Рациональное использование местных углей применительно к требованиям развивающихся на Урале заводов металлургической, автотракторной, керамической, силикатной и прочих отраслей промышленности ставит в настоящее время перед нами важнейшие вопросы. Одним из таких кардинальных вопросов является газификация челябинского угля.

Уголь при настоящем состоянии техники является не только топливом, но и сырьем, которое можно подвергнуть химическим процессам с целью его облагораживания.

Одним из таких процессов и является газификация угля.

Челябинский уголь принадлежит к разряду бурых углей, близких к каменным углям. Он легко распадается при лежании и быстром нагревании. Несмотря на колоссальные запасы и промышленное значение, он является недостаточно изученным. Имеющиеся в литературе скудные сведения о его составе отличаются крайним разнообразием.

Для лучшего сортированного угля имеем следующий состав в процентах:

Таблица 1

Элементарный анализ				Технический анализ			
Углерод С	Водород H ₂	Кислород O ₂	Азот N	Сера S	Влага W	Зола	Летуч.
48,75	3,55	13,91	2,5	0,78	18,0	12,5	47

Теплотворная способность 4500—4800 кал/кг. При сухой перегонке угля получается: полукокса от 64 до 70%, смолы от 4,6 до 7,2%, газа от 4,5 до 7,5%, прочих жидких продуктов 14,3%.

Полукокс по своим качествам очень хрупок и не годится для литейного дела и домен.

Теплотворная способность коксовального газа равна 6500 кал/м³.

Зола челябинского угля легко плавится в пределах температур от 1000—1100°.

Газификация челябинского угля в условиях уральской промышленности, помимо рационального использования угля, даст возможность заменить газом дорогостоящую нефть, сжигаемую в промышленных печах. По одному лишь тракторному заводу можно заменить газом в год 75 000 т нефти, а эта цифра в общем балансе расхода нефти для промышленных печей заводов Челябинска и Златоуста составит в 1933 г. всего лишь только 15—20% от всего расхода. Вместе с тем нефть является не только ценным топливом, но и валютой, что для нас имеет большое политическое значение.

Попытки использовать челябинский уголь для целей газификации начаты были Уральским трестом, еще после революции, но все же вопрос о газификации челябинского угля до сего времени не получил конкретного разрешения.

Ряд произведенных опытов по газификации челябинского угля как в СССР, так и за границей в Германии (Ф. Ю. Пинч) доказали полную возможность превращения этого угля в высокоценный генераторный газ. При этих опытах был получен генераторный газ с теплотворной способностью от 1230 до 1750 кал/м³.

Опытами установлено, что челябинский уголь газифицируется легко и через короткий промежуток времени (15—20 мин.) после засыпки в генератор дает газ.

Выход газа при калорийности его в 1600 кал/м³, по теоретическим подсчетам составляет из 1 кг угля, теплотворной способности 4700 кал/кг — 2,10 м³.

При сжигании генераторного газа теплотворной способностью 1500—1700 кал/м³ в холодном состоянии теоретическая температура сгорания достигает не более чем 1730°, и в соответствии с этим температура нагрева будет не выше 1000°, что в целом ряде производств (например кузнице) является недостаточным. Для развития более вы-

соких температур требуется предварительный подогрев воздуха, идущего на сгорание, или газа. Означенное обстоятельство усложняет конструкцию нагревательных печей и вызывает дополнительные установки в виде рекуператоров, что является громоздким и не всегда возможным из-за отсутствия места.

В условиях же уральской промышленности значительная часть газа будет использоваться для целей нагрева изделий в печах прямым пламенем, и в таких случаях первенствующее значение играет температура сгорания газа, острота и концентрация пламени. В нагревательных печах, предназначенных для получения высоких температур нагрева, как 1300—1350°, и далеко отстоящих друг от друга, с успехом смогут применяться только хорошо очищенные и охлажденные газы, генераторный же газ рационально может быть использован только в том случае, если он доводится до места сжигания в неохлажденном виде.

Из сказанного следует, что генераторный газ теплотворной способностью в 1500—1700 кал/м³ не может удовлетворить всех требований, предъявляемых к нему промышленностью.

Несмотря на сделанный вывод, вопрос о газификации челябинского угля, ни в коей мере не теряет своего значения, ибо техника газификации бурых углей не ограничивается получением только бедного генераторного газа, а идет дальше и предоставляет в наше распоряжение иные методы, обеспечивающие получение из бурых углей высококалорийных газов, теплотворной способностью от 2500 до 3500 кал/м³; одним из таких газов является водяной газ, теплотворной способностью в 3200—3500 кал/м³.

В дальнейшем и предстоит нам остановить свое внимание на рассмотрении этого газа и наметить пути его использования.

Двойной газ содержит большое количество водорода и состоит почти исключительно из сгораемых элементов. При сжигании его в холодном состоянии теоретическая температура пламени выше теоретических температур сгорания прочих газов на 150—450°, она выше также и теоретической температуры сгорания нефти (табл. 2). Потеря тепла с отходящими газами при сжигании его на 50—60% меньше, чем при сжигании генераторного газа.

Таблица 2

Вычисленная температура горения

№№ пп.	НАИМЕНОВАНИЕ	Температура сгорания ° Ц
1	Холодный генераторный газ из древесного угля.	1450—1530
2	Горячий генераторный газ	2160—2220
3	Светильный газ	1811—1823
4	Двойной газ	1970—2000
5	Холодный генераторн. газ из челябинского угля.	1700—1730
6	Нефть.	1895

Применение двойного газа в нагревательных печах дает возможность: 1) упростить конструкцию газовых печей и избежать установки рекуператоров; 2) удешевить стоимость печей; 3) облегчить переход с нефтяного отопления печей на газовое, так как габаритные размеры газовых печей будут незначительно отличаться от нефтяных, а в некоторых случаях явится даже возможность уложиться в те же габариты, переделывая только соответствующим образом внутреннюю обмуровку; 4) повысить к. п. д. печей против нефтяных на 10—15%, что даст значительную экономию топлива.

Вместе с тем, двойной газ, благодаря своей высокой калорийности и дешевизне, позволит разрешить вопрос о применении газа для бытовых нужд и сделает рентабельным передачу его на дальние расстояния, что, как мы увидим ниже, имеет громадное значение для перспектив газификации челябинского угля.

Двойной газ обычно добывается из низкосортных бурых углей и представляет собой смесь водяного и светильного газов, получаемых нераздельно в одном аппарате, называемом генератором двойного газа. Такой генератор состоит из двух частей, из которых внутренняя — реторта — служит для сухой перегонки угля в верхней своей части, а нижняя часть — колосниковая решетка — служит для перевода образующегося при сухой перегонке кокса в водяной газ под действием водяного пара. Генераторами двойного газа являются генераторы проф. Г. Штрахе и Ф. Дельвик-Флейшер; строятся эти генераторы на производительность до 40 т и выше.

Конструкция генераторов для челябинского угля должна быть выбрана с вращающейся колосниковой решеткой, применительно к легкоплавкости его золы, температура плавления которой лежит между 1000—1100°, т. е. почти совпадает с той температурой, которая развивается в поясе горения на колосниках генератора.

Методы переработки бурых углей в генераторах двойного газа позволяют вести добычу синтетических продуктов: смолы и аммиака. Эти продукты, получаемые наряду с газом, представляют настолько большую ценность, что в значительной степени покрывают издержки по производству газа. Применение двойного газа для технологических целей, как видно из сказанного, является одним из путей рационального использования газообразного топлива, вследствие чего в настоящее время западно-европейская промышленность придает огромное значение получению двойного водяного газа из малоценных бурых углей.

Отсюда вытекает, что вопрос о газификации челябинского угля должен развиваться в направлении получения двойного газа, а не низкокалорийного генераторного, как это имеет место на сегодня, в связи с чем и все работы по газификации должны развиваться в этом направлении.

Возможность получения двойного газа из челябинского угля вытекает, с одной стороны, из хорошей способности его газифицироваться, а, с другой стороны, из сравнения этого угля с подмосковным, который по качествам близок к челябинскому. При испытании подмосковного угля в Пильзене и Градец-Карлово было установлено, что этот уголь хорошо перерабатывается на двойной газ теплотворной способностью от 2200 до 2500 кал/м³.

Испытываемый подмосковный уголь в своем составе содержал влаги—24%, золы—23%. теплотворную способность имел от 3064 до 3957 кал/кг. Как видим из этих данных, он хуже челябинского. Помимо указанного, подтверждением возможности переработки челябинского угля на двойной газ может служить также многочисленный ряд примеров из заграничной практики успешной переработки низкосортных бурых углей, даже с большей зольностью и влажностью до 60%, в высококалорийный двойной газ. Сделанный вывод по данному вопросу должен быть проверен для окончательного решения рядом опытов по газификации челябинского угля на двойной газ в соответствующих генераторах.

Рассмотрим теперь, какой двойной газ можно получить из челябинского угля приведенного выше состава. При переработке 100 кг угля в генераторах двойного газа мы можем получить 13,5 м³ светильного газа, с теплотворной способностью в 6500 кал/м³, и из 1 кг чистого углерода 2 м³ водяного газа, с теплотворной способностью 2700 кал/м³, т. е. из 100 кг угля будем иметь: $48,75 \times 2 = 97,5$ м³ водяного газа с $2700 \text{ кал/м}^3 = 264\,000$ кал; 13,5 м³ светильного газа с $6500 \text{ кал/м}^3 = 88\,600$ кал; а вместе—111,00 м³ двойного газа, равных 352 600 кал. Отсюда теплотворная способность 1 м³ двойного газа будет $\frac{352\,600}{111,0} = 3200 \text{ кал/м}^3$.

Принимая к. п. д. генератора равным 0,70, будем иметь выход газа на 1 кг угля теплотворной способности $4700 \text{ кал/кг} = \frac{4700 \times 0,70}{3200} = 1,00 \text{ м}^3$.

В этом случае, помимо всего, при газификации будет улавливаться в среднем 4% смолы калорийностью 8500 кал/кг и 2,8% сернокислого аммония.

Вычисленная теплотворная с способностью двойного газа может быть еще повышена карбюрированием его смолой, получаемой при газификации или нефтью. Карбюрирование этого газа смолой даст возможность повысить теплотворную способность на 300—350 кал/м³, т. е. мы сможем иметь газ калорийностью 3500—3550 кал/м³. В случае необходимости (что может потребоваться при дальнем газоснабжении) дальнейшее повышение калорийности газа достигается за счет карбюрирования его нефтью, расход которой равняется 0,18 кг на 1 м³, при повышении калорийности его на 100 кал/м³. Несмотря на то, что приведенные выше соображения относятся к лучшему сортированному углю, они будут иметь место и для рядового угля, лишь только количество газа, получаемого из 1 кг угля уменьшится на 5—8%.

Для освещения экономической стороны вопроса газификации челябинского угля ниже рассмотрим для сравнения два основных варианта газоснабжения — ближнее и дальнее, возможные в уральских условиях. При расчетах из предусмотрительности принята работа газогенераторов

на сортированном угле, как менее выгодный для нас случай, но есть основание полагать, что опытами разрешится вопрос и о газификации рядового угля, стоимость которого на 25% ниже стоимости сортированного угля, так что мы будем иметь еще более благоприятные результаты в отношении использования угля и стоимости газа.

Ближнее газоснабжение

Примерами ближнего газоснабжения являются газогенераторные станции заводского назначения, располагаемые обычно на территории завода; одной из таких крупных станций уральской промышленности может быть газогенераторная станция для ЧТЗ.

Газ этой станции будет использован для сжигания в нагревательных печах кузнечного и термического цехов, в большинстве своем требующих высоких температур нагрева, порядка от 1000—1350°.

Исходя из приведенных выше соображений газогенераторная станция в данном случае должна быть построена на генераторах двойного газа.

Производительность этой станции определена в 235 млн. м³ двойного газа, с теплотворной способностью 3200 кал/м³, исходя из годового расхода нефти в 75 000 т, предназначенной к замене газом. В соответствии с этим расход сортированного угля в год составит 235 000 т, а, учитывая потери при перевозке и на территории завода, будем иметь годовой расход угля в 258 000 т. Карбюрация газа смолой, или нефтью, в данном случае ближнего газоснабжения, производиться не будет, так как калорийность его является вполне достаточной. Получаемая при процессе газификации смола будет использована для целей последующей химической переработки ее.

Газогенераторная установка рассчитана по максимальному часовому расходу газа, и число всех генераторов определено в 22 шт., производительностью каждый по 40 т угля в сутки, из них 2 генератора приняты резервными. Газогенераторная станция должна иметь установку для отбора смолы и аммиака в виде сернокислого аммония.

Капитальные затраты по сооружению такой газогенераторной станции выразятся в сумме 5 556 600 руб.

Годовые эксплуатационные расходы, при стоимости 1 т угля франко-генератор 11 руб. 47 коп., составят 4 451 000 руб.

Учитывая стоимость отбора при газификации смолы и сернокислого аммония в 1 023 000 руб., действительные годовые эксплуатационные расходы выразятся в сумме 3 428 000 руб.

При указанной выше выработке газа в год в 235 млн. м³ стоимость 1 м³ газа будет 1,460 коп., и соответственно этому стоимость 1 кг калорийного двойного газа у потребителя получится равной 0,456 коп.

Сравнивая полученную стоимость 1 кг/кал двойного газа со стоимостью 1 кг/кал нефти, равной 0,662 коп. франко-печь, мы видим, что применение газа в нагревательных печах даст экономию на стоимости топлива в 45%. Учитывая при всем этом еще экономию, получаемую за счет улучшения к. п. д. газовых печей против нефтяных — на 15%, будем иметь экономии в год по ЧТЗ в сумме 1 650 000 руб., т. е. рентабельность применения газа для нагревательных печей вместо нефти очевидна. Окупаемость такой газогенераторной станции будет примерно в 3—3,5 года.

Дальнее газоснабжение

При рассмотрении района челябинских копей в окружности до 200 км, мы видим, что этот район представляет собой крупный промышленный центр Урала, насыщенный целым рядом предприятий, потребляющих для нагревательных печей значительное количество нефти или генераторного газа. Благодаря концентрации промышленности в районе копей, создаются все условия для возникновения проекта районной газогенераторной станции на месте добычи угля и передачи газа на дальнее расстояние.

Основными предпосылками для дальнего газоснабжения являются: а) объем газоснабжения, который должен быть значительным и, по крайней мере, не менее 1 млрд. м³ газа в год, так как транспорт газа будет дешевле транспорта угля, только при чрезвычайно крупных цифрах; б) теплотворная способность газа, которая должна быть не ниже 3500 кал/м³; в) низкая стоимость газа.

Осуществление дальнего газоснабжения даст возможность: а) освободить транспорт от перевозки маловыгод-

ного груза; б) освободить заводские площади от складов угля; в) избежать содержания заводских складов; г) избежать потерь угля на транспорте и на складе, которые могут быть до 10%.

Основными потребителями газа в данном случае являются заводы Челябинска, Златоуста, Чебаркуля, Миасса и Сатки (район г. Свердловска в расчет не вводится). Точный объем газоснабжения в настоящее время еще не определен, но по предварительным данным он должен быть не менее—1400 млн. м³ газа при теплотворной способности его в 3500 кал/м³, при этом считается также и удовлетворение газом бытовых нужд. Исходя из этого количества годовой потребности в газе, районная газогенераторная станция должна переработать 1 400 000 т угля в год на двойной газ теплотворной способностью 3200 кал/м³. Для повышения калорийности двойного газа до 3500 кал/м³ будет произведена карбюрация его смолой, получаемой при газификации. Газогенераторная станция будет иметь установку для отбора смолы и аммиака в виде сернокислого аммония.

Капитальные затраты

Газогенераторная станция	20 300 000 руб.
Компрессорная станция для подачи газа	2 500 000 "
Газопровод и телефон	12 700 000 "

Всего 35 500 000 руб.

Годовые эксплуатационные расходы, при стоимости 1 т угля франко-генератор 8 руб. 30 коп.

По газогенераторной станции	17 727 000 руб.
По подаче газа	10 500 000 "

Всего 28 227 000 руб.

Учитывая стоимость возврата от улавливания аммиака в сумме 3 920 000 руб., годовые эксплуатационные расходы составят сумму 24 307 000 руб.

При указанной выше выработке газа в 1400 млн. м³ в год стоимость 1 м³ газа франко-станция будет 1,04 коп., и, соответственно с этим, стоимость 1 кг/кал двойного газа франко-станция будет 0,207 коп. Подача газа с места добычи его к потребителям будет производиться по газопроводу, диаметром 750 мм, посредством компрессоров под давлением в 10 ат.

Потребная мощность компрессоров определена в 30 000 л. с., и установочная мощность компрессорной станции, в соответствии с этим, будет равной около 36 000 л. с.

Стоимость дальнего газоснабжения определена в зависимости от удаленности потребителей от газогенераторной станции для трех основных случаев радиуса действия, имеющих место в рассматриваемом вопросе.

	Расстояние до потребителя в км	Стоимость подачи 1 м ³ газа в коп.	Стоимость 1 кг/кал. газа	
			Районная горстанция фр. потр. в коп.	Собст. ген. станция в коп.
Челябинск	15	0,5	0,419	0,456
Златоуст	160	0,70	0,49	0,532
Сатка	200	0,75	0,51	0,560

В среднем стоимость 1 кг/кал двойного газа франко-потребитель будет 0,45 коп. Из сравнения стоимости 1 кг/кал газа дальнего газоснабжения с 1 кг/кал газа ближнего газоснабжения видно, что устройство районных газогенераторных станций на месте добычи угля явится одним из выгодных вариантов, могущих в широком масштабе решить вопрос о газификации челябинского угля.

Применение газификации угля в таких широких размерах освободит ж.-д. транспорт от перевозки 1 400 000 т угля и 450 000 т нефти и, кроме того, даст экономию на топливе в год в сумме около 10 млн. руб. Окупаемость такой газогенераторной станции будет в 3—3,5 года.

Из рассмотрения приведенных выше данных рентабельность газификации челябинского угля на двойной газ очевидна, независимо от масштаба ее осуществления.

Экономическая сторона газификации челябинского угля далеко не определяется приведенными цифрами, ибо объем газоснабжения, принятый в примере, значительно может быть расширен за счет целого ряда потребителей, которые в данном случае не приняты во внимание. Вместе

с тем, при разрешении вопроса о газификации в наших условиях нельзя руководствоваться исключительно цифрами экономии, здесь первенствующую роль должно играть стремление к освобождению уральской промышленности от зависимости в привозном нефтяном топливе.

В заключение необходимо отметить, что проводимые до сего времени опыты по газификации челябинского угля касались исключительно только получения генераторного газа и совершенно не касались изучения сжигания в нагревательных печах и влияния его на металл, а также газификации угля на двойной высококалорийный газ.

Такое одностороннее изучение вопроса является недостаточным для разрешения в конечном счете поставлен-

ной задачи и в настоящее время необходимо заняться работой и изучением отмеченных вопросов и повести работу не только в лабораториях, но и в заводских установках, используя для этой цели опыт передовых западноевропейских стран. Для скорейшего исполнения всех работ необходимо, помимо привлечения к этому делу научных учреждений, организовать единый центральный орган, который скоординирует все вопросы по газификации челябинского угля, даст им должное направление и обеспечит проведение их в жизнь, в противном случае разрешение вопроса о газификации затянется еще надолго.

Челябинск.

В. Герасимов

Трактор „Катерпиллер-60“ с дизельмотором

Последней новинкой американского тракторного рынка следует считать трактор «Катерпиллер-60» с двигателем типа дизель, появившемся в продаже за последние месяцы, после, примерно, 1½—2 лет работы фирмы Катерпиллер над этой моделью.

В связи с установкой дизеля на тракторе К-60, введены следующие изменения: клепаная рама несколько изменена в передней своей части, благодаря иному способу крепления передка двигателя. Передняя поперечина рамы литая и не приклепывается, а прибалчивается четырьмя болтами и является передней опорой двигателя. Радиатор отличается от стандартного верхней и нижней коробками, а в остальном же конструкция его оставлена прежней. Кованый балансир рамы заменен сильной поперечной рессорой. Горизонтальные натяжные пружины гусеничной тележки сделаны усиленными, типа тендем.

В остальном по шасси больше изменений не сделано никаких.

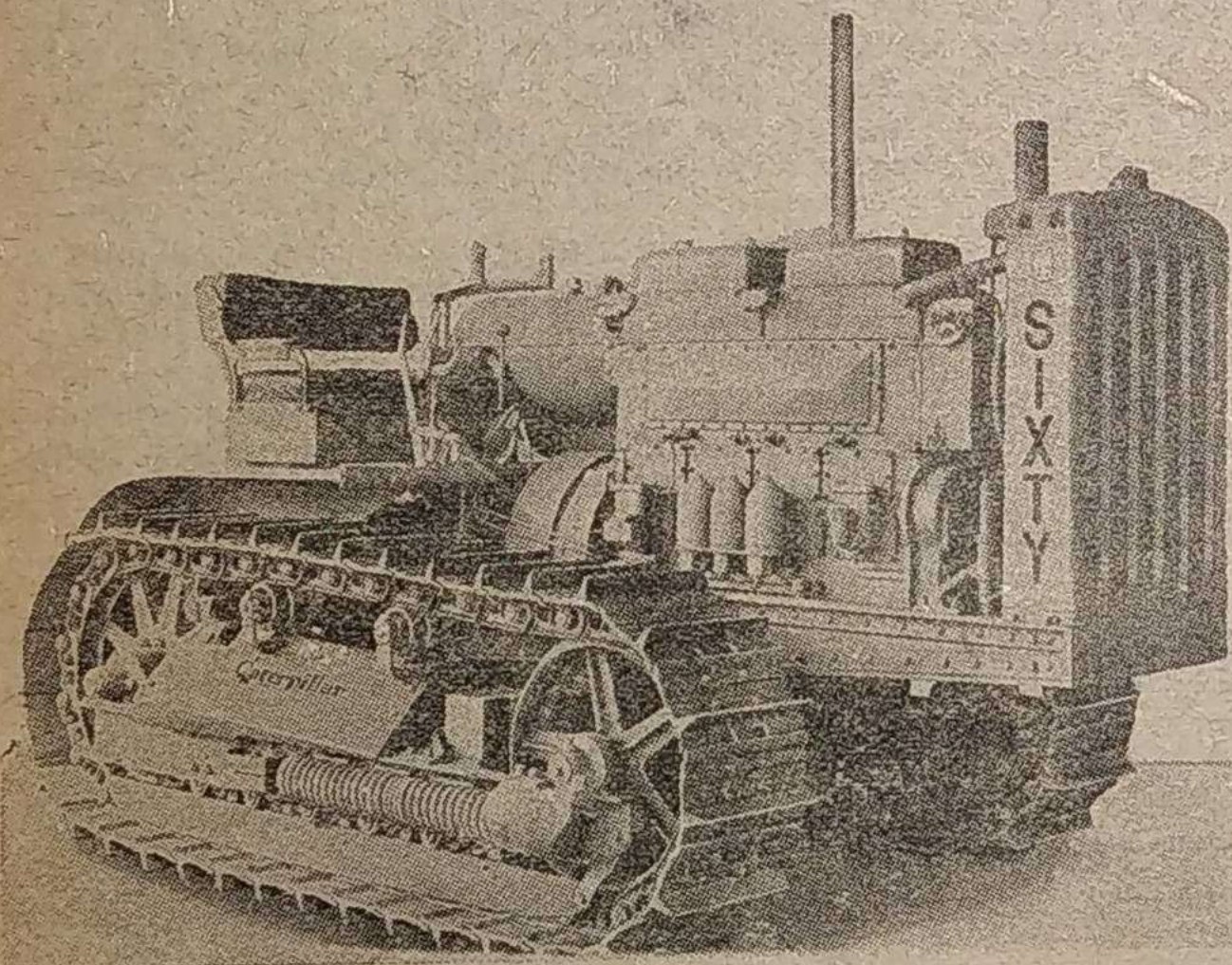


Рис. 1. Общий вид Катерпиллера с дизельмотором (со стороны форсунок).

Что касается двигателя, то он представляет собой форкамерный, бескомпрессорный дизель, четырехтактный, четырехцилиндровый; диаметр цилиндров 6½", ход поршня 9¼", скорость поршня 1002 фут/мин. (306 м/мин), при нормальном числе оборотов 650 об/мин, на которые установлен регулятор.

Характерно, что фирма Катерпиллер остановилась именно на форкамерном методе впрыскивания, тогда как ряд выдающихся классных фирм по дизелестроению легкого типа остановились на прямом способе впрыскивания; к таким фирмам следует отнести дизеля Атлас-Империял, Буда-Ман, Континенталь.

Эти фирмы считают, что форкамерный метод ухудшает процесс распыливания и сгорания нефти (по сравнению с прямым методом), в связи с чем увеличивается рас-

ход топлива, а мощность при всех равных условиях (диаметр цилиндра, ход поршня) ниже, так как неполностью используется калорийность топлива. Зато в производственном отношении за форкамерным считаются некоторые преимущества в части применения упрощенной форсунки с одним отверстием, вместо форсунки с 4—8 отверстиями и менее сложных насосов.

Характерным для дизеля Катерпиллера является снабжение каждого цилиндра отдельным нефтяным насосом. Однако регулировка их для достижения идентичности работы каждого цилиндра очень сложна и требует больше времени по сравнению с тем если применять один насос, питающий нефтью все четыре цилиндра совершенно одинаково.

Вся распыливающая система питания нефтью опечатана, что производит к беспомощности (даже квалифицированного) тракториста в случае порчи или загрязнения ее. Для таких случаев следует иметь в запасе готовые комплекты форсунки и нефтяного насоса.

На описываемом дизеле применимы воздухоочистители большего размера, чем таковой же на стандартном бензиновом моторе, но по конструкции тот же.

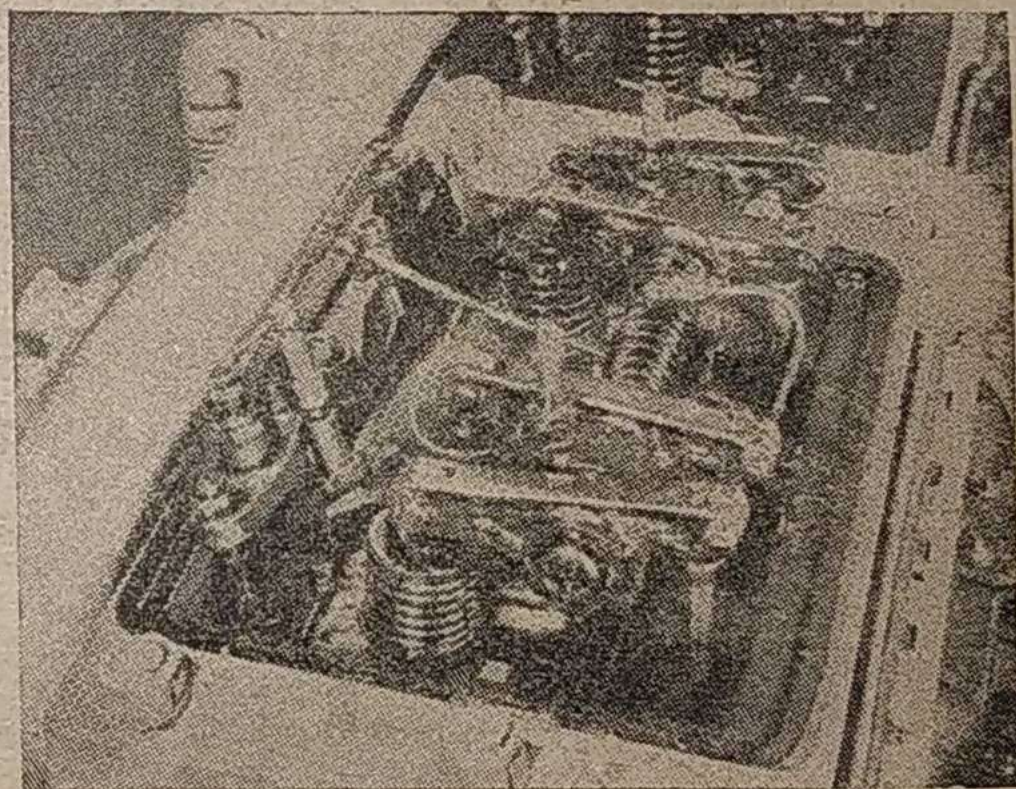


Рис. 2. Головка цилиндра (вид сверху). На рисунке видны воздушные и выпускные клапана и впрыскивающее сопло.

Для пуска дизеля в ход установлен на самом дизеле с левой его стороны двухцилиндровый бензиновый мотор, который сцеплением бендикса соединяется с маховиком. Пусковой двигатель приводится в действие при помощи легко доступной заводной рукоятки. Когда главный двигатель достигнет достаточного числа оборотов, пусковой двигатель автоматически выключается.

Горючим для дизеля служит очищенная нефть, так называемое в САСШ «масло дизеля», по цене соответствующее 1/3—1/2 цены бензина. Потребление горючего дизелем на 30—40% ниже расхода, производимого одинаково мощным бензиновым двигателем. Максимальная тормозная мощность дизеля—около 81 л. с. при 650 об/мин.

Общий вес трактора с дизельмотором увеличился, примерно, на 2 т, вследствие чего применены 20-дюймовые башмаки, дающие большую поверхность опоры трактору.

Экспериментальное исследование опрокинутого процесса в газогенераторах

Всесоюзный научно-исследовательский дизельный институт¹

Современное состояние конструирования и тепловой расчет газогенераторов, работающих по опрокинутому процессу, упирается в отсутствие в этой области теории и экспериментальных данных. И если имеются попытки произвести расчет указанного генератора, то пользуются параметрами стационарных генераторов, работающих по прямому процессу или идут по пути копирования иностранных генераторов. Мне думается, как тот, так и другой метод страдает большими недостатками. Относительно первого метода, т. е. использования некоторых коэффициентов стационарных генераторов ясно, что для малообъемных, да и вообще генераторов, работающих по опрокинутому процессу, имеющиеся теории, как-то: В. Е. Грум-Гржимайло и других авторов, очевидно, полностью к опрокинутому процессу применены быть не могут.

Метод теплового расчета проф. Грум-Гржимайло и других заключается в ряде определенных допущений может быть приемлемых в стационарных генераторах и подтвержденных опытными данными. По этой теории полагают:

а) что в верхней части генератора происходит процесс сухой перегонки имеющегося в генераторе топлива за счет физической теплоты генераторного газа, в нижней части горение твердого топлива, как продукта сухой перегонки в CO_2 , потом восстановление CO_2 в CO .

б) влажность, содержащаяся в топливе, испаряется в количестве $\frac{2}{3}$ в верхней части генератора, не достигая таким образом колосниковой решетки. Иными словами, $\frac{1}{3}$ влажности топлива доходит лишь до активной зоны, а $\frac{2}{3}$ уходит вместе с газами.

Остановившись хотя бы на этих двух замечаниях, видно, что указанный метод расчета не может быть применен для опрокинутого процесса, т. е. при последнем вся содержащаяся влага в топливе и продукты сухой перегонки вынуждены пройти через активную зону генератора (зона высоких температур), следовательно, они будут вынуждены претерпеть видоизменение. Из всего вышеизложенного ясно, что газификация топлива по опрокинутому процессу имеет свои особенности, которые необходимо изучить.

Второй метод, метод копирования с готовых, хотя и проверенных в эксплуатации генераторов. Этот метод может быть и хорош, но его возможно применять к исключительно данной мощности двигателя и строго ограниченного рода размерности и влажности топлива. Иными словами, этот метод страдает ограниченностью и следовательно не может быть признан удовлетворительным. Кроме того, следует иметь в виду, что современные газогенераторы, работающие по опрокинутому процессу, находятся в стадии своего развития, как со стороны конструирования (облегченный вес, удобство обслуживания), а также нужно будет основательно поработать над повышением теплопроизводительности газа.

Современные малообъемные генераторы с опрокинутым процессом, работающие на древесных углях, дровах и торфе дают низкую теплопроизводительность газа, примерно, в пределах 1000—1400 кал/м³.

Стационарные генераторы, работающие по принципу прямого процесса на дровах и торфе, дают низшую теплотворную способность в пределах 1500—1600 кал/м³. Приведенные цифры невольно заставляют думать о том, что в существующих малообъемных генераторах, процесс газификации далеко не совершенен, а ввиду этого необходимо изучать его, чтобы получить теплопроизводительность газа в тех же пределах, т. е. 1500—1600 кал/м³. Когда этого удастся достигнуть, а это, очевидно, должно быть сделано, то потеря мощности двигателя, при переходе с жидкого топлива на твердое не будет иметь такого понижения, какое наблюдается в настоящее время 40—50%.

Для доказательства этого положения воспользуемся данными Ленинградского областного теплотехнического института.

В апреле 1930 г. им было проведено испытание торфяных газогенераторов системы Всеобщей газовой компании, уста-

новленных в Гусе-Хрустальном и работающих по прямому процессу с присадкой пара.

Элементарный анализ торфа

Высшая теплотворная способность абсолютно сухого топлива по Боме $Q_{\text{вб}}^c = 5215$ кал.

Абсолютно сухое топливо

(в процентах)

Содержание углерода	$C_c = 53,76$
" водорода	$H_c = 5,86$
" летучей серы	$S_{\text{лп}}^c = 0,19$
" золы	$A = 4,74$
" азота	$N_c = 1,67$
" кислорода	$O_c = 33,78$

Рабочее топливо

(в процентах)

Содержание влаги	$W_p = 27,1$
" углерода	$C_p = 39,19$
" водорода	$H_p = 4,27$
" летучей серы	$S_{\text{лп}}^p = 0,14$
" золы	$A_p = 3,46$
" азота	$N_p = 1,22$
" кислорода	$O_p = 24,62$

Высшая теплотворная способность

$$Q_{\text{вб}}^p = Q_{\text{вб}}^c \frac{100 - W_p}{100} - 15 \cdot \frac{100 - (A_p + W_p)}{100} = 22 S_{\text{лп}}^p =$$

$$= 52,15 \cdot 0,729 - 15 \cdot 0,6943 - 22 \cdot 0,14 = 3788 \text{ кал/кг.}$$

З о л а

(в процентах)

Содержание влаги	$W = 11,62$
" горючих	$L_c = 2,86$

Теплота газа

(в процентах)

Средний состав газа по анализу:

CO_2	7,29
O_2	0,34
N_2	43,73
CO	28,05
CH_4	2,77
H_2	17,44
$\text{C}_n \text{H}_m$	0,38

100

Низшая теплотворная способность

Г а з	Низшая теплотворная способность 1 м ³	Объемное содержание	Низшая теплотворная способность
CO	3 045	0,2805	855
CH_4	8 630	0,0277	240
H_2	2 570	0,1744	450
$\text{C}_n \text{H}_m$	14 480	0,0038	55

¹ Работа проводится автором при участии инж. Салтыковского, лаборанта Строганова, Каганера и Шумилина, под руководством проф. В. Ю. Гиттиса.

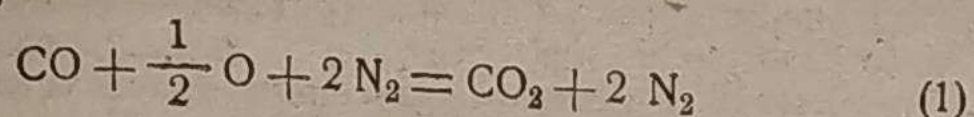
Низшая теплотворная способность 1 м^3 —1600 кал.

Итак, низшая теплотворная способность, полученная при испытании указанных генераторов равна 1600 кал. 1 м^3 .

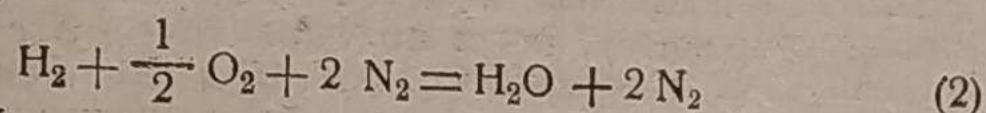
Подсчитаем, какова будет мощность двигателя при переходе с жидкого топлива на генераторный газ, полученный из данного торфа, предполагая при этом, что коэффициент наполнения двигателя остается неизменным, т. е., что газовая смесь и бензиновоздушная имеют одну и ту же температуру во всасывающем патрубке двигателя, а также пренебрегая сопротивлением всей газогенераторной установки. Кроме пени будут влиять пары воды, находящиеся в генераторном газе, влияние которых мы также не учитываем. Пренебрегая 3-мя выше указанными факторами, произведем подсчет теоретически необходимого количества воздуха для указанного генераторного газа.

Горение генераторного газа происходит по следующим уравнениям:

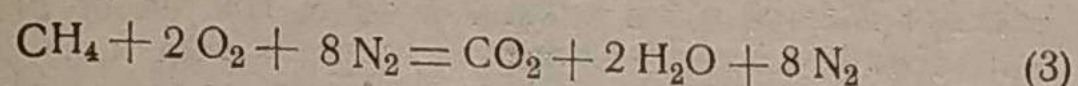
Горение CO:



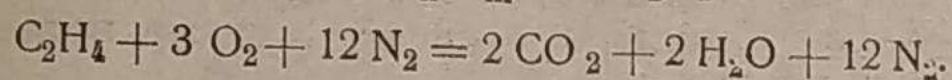
Горение H_2 :



Горение CH_4 :



Горение C_nH_m , считая C_nH_m как C_2H_4 :



Подсчитаем, сколько объемов воздуха потребуется для горения 1 м^3 генераторного газа из торфа.

Состав газа

(в %)

CO_2	= 7,29
O_2	= 0,34
N_2	= 43,73
CO	= 28,05
CH_4	= 2,77
C_nH_m	= 0,38
H_2	= 17,44

100

Для горения 1 м^3 потребуется кислорода:

для CO	по уравнению (1)	$0,2805 \cdot 0,5 = 0,14025\text{ м}^3$
" H_2	" (2)	$0,1744 \cdot 0,5 = 0,0872\text{ м}^3$
" CH_4	" (3)	$0,0277 \cdot 2 = 0,0554\text{ м}^3$
" C_2H_4	" (4)	$0,0038 \cdot 3 = 0,0114\text{ м}^3$

$\Sigma = 0,28665\text{ м}^3$
на $1\text{ м}^3\text{ O}_2$.

Воздуха для горения 1 м^3 потребуется:

$$\frac{(0,28665 - 0,0034) \cdot 100}{21} = 1,347\text{ м}^3 \text{ на } 1\text{ м}^3\text{ O}_2.$$

Подсчитываем теплотворную способность смеси, т. е. 1 м^3 газа с теоретически необходимым количеством воздуха для его сжигания

$$Q_{см} = \frac{1600}{2,347} = 682\text{ кал/м}^3.$$

Из указанного расчета мы видим, что теплотворная способность газогенераторной смеси (при теоретически необходимом количестве воздуха) составит 682 кал/м³, при низшей теплотворной способности генераторного газа в 1600 кал/м³.

Теперь произведем подсчет теплотворной способности бензиновоздушной смеси и керосиновоздушной при теоретически необходимом количестве воздуха для сгорания 1 кг указанных топлив.

Состав бензина (см. книгу „Автомобили“ проф. Гиттиса):

$$\left. \begin{array}{l} \text{C} = 84,8\% \\ \text{H} = 15,16\% \\ \text{O} = 0,04\% \end{array} \right\} = 10150\text{ кал/кг.}$$

Для этого состава бензина вычислим теоретически необходимый объем воздуха по следующей формуле:

$$L_{бен} = \frac{24,4}{12 \cdot 0,21} \left[\text{C} + 3 \left(\text{H} - \frac{\text{O}}{8} \right) \right] =$$

$$= \frac{24,4}{12 \cdot 0,21} \left[0,848 + 3 \left(0,1516 - \frac{0,0004}{8} \right) \right] =$$

$$= 12,63 \frac{\text{м}^3 \text{ воздуха}}{1 \text{ кг бензина}}.$$

Теплотворная способность бензиновоздушной смеси в этом случае будет равна

$$Q_{смеси}^b = \frac{10150}{12,63} = 803\text{ кал/м}^3.$$

Произведем аналогичный подсчет для керосина.

Принимая химический состав керосина следующий:

$$\left. \begin{array}{l} \text{C} = 85,28\% \\ \text{H} = 14,12\% \\ \text{O}_2 + \text{W} = 0,6\% \end{array} \right\}$$

Теплотворная способность его

$$K = 10300\text{ кал/кг.}$$

Для этого состава керосина вычислим теоретически необходимый объем воздуха по той же формуле, т. е.

$$L_{кер} = \frac{24,4}{12 \cdot 0,21} \left[\text{C} + 3 \left(\text{H} - \frac{\text{O}}{8} \right) \right] =$$

$$= \frac{24,4}{12 \cdot 0,21} \left[0,8528 + 3 \left(0,1412 - \frac{0,006}{8} \right) \right] =$$

$$= 12,15 \frac{\text{м}^3 \text{ воздуха}}{1 \text{ кг керосина}}.$$

Теплотворная способность керосиновоздушной смеси для этого случая составит:

$$Q_{смеси}^к = \frac{10300}{12,15} = 807\text{ кал/м}^3.$$

Поэтому мощность двигателя при работе на производимом генераторном газе—торфяном—будет:

$$\eta_{бен} = \frac{682}{803} \cdot 100 = 85\%$$

от бензиновой мощности,

$$\eta_{кер} = \frac{682}{807} \cdot 100 = 84,5\%$$

от керосиновой мощности.

Итак, мы видим, что при калорийности генераторного газа в 1600 кал/м³ и данном его составе, теоретическое падение мощности при переходе с указанных жидких топлив (бензин, керосин) на твердое, в данном случае на торф, составит в среднем 15%.

Тем же институтом, т. е. ЛОТИ было произведено испытание газогенераторов системы „Грум-Гржимайло“, установленных в Белом Бычке, работающих по прямому процессу на щепе, влажностью от 20 до 30%. На указанных генераторах был получен по анализу средний состав генераторного газа (в процентах):

CO_2	= 7,0
CO	= 27,0
CH_4	= 2,5
H_2	= 17

Низшая теплотворная способность газа подсчитывалась по следующей известной формуле:

$$Q = 30,45 \cdot \text{CO} + 25,70 \cdot \text{H}_2 + 86,30 \cdot \text{CH}_4;$$

подставляя значение CO, H_2 и CH_4 , получим:

$$Q = 30,45 \cdot 27 + 25,70 \cdot 17 + 86,30 \cdot 2,5 = 1480\text{ кал/м}^3.$$

Подсчитываем, каково будет теоретическое падение мощности при переводе двигателя с указанных жидких топлив (см. выше бензин, керосин) на твердое, в данном случае на щепу или, точнее выражаясь, на газогенераторный газ, полученный посредством газификации щепы.

Вычислим теоретически необходимое количество воздуха для сгорания приведенного состава газа.

Состав газа (в %):

$$\left. \begin{array}{l} \text{CO}_2 = 7 \\ \text{CO} = 27 \\ \text{CH}_4 = 2,5 \\ \text{H}_2 = 17 \end{array} \right\} Q = 1480\text{ кал/м}^3.$$

Для горения 1 м^3 газа требуется кислорода:

для CO	по уравнению (1)	$0,27 \cdot 0,5 = 0,135\text{ м}^3$
" H_2	" (2)	$0,17 \cdot 0,5 = 0,085\text{ м}^3$
" CH_4	" (3)	$0,025 \cdot 2 = 0,05\text{ м}^3$

$\Sigma = 0,27\text{ м}^3$
на 1 м^3 газа.

Теоретическое количество воздуха, необходимое для горения 1 м³ газа составит следующее количество:

$$\frac{0,27}{0,21} = 1,285 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ м}^3.$$

Теплотворная способность 1 м³ смеси газа с воздухом, необходимым для его сжигания,

$$\frac{1478}{2,285} = 645 \text{ кал/м}^3.$$

Поэтому теоретическая мощность двигателя при работе на приведенном генераторном газе из щепы будет:

$$\eta = \frac{645}{803} = 0,804 = 80,4\%$$

от бензиновой мощности,

$$\eta = \frac{645}{807} = 0,80 = 80,0\%$$

от керосиновой мощности.

Из приведенного подсчета видим, что при калорийности генераторного газа в 1480 кал/м³ и соответствующего состава, теоретическое падение мощности двигателя при переводе с жидкого топлива на твердое (дерево) в обоих случаях (бензин, керосин) составляет, примерно, 20%.

Вышеприведенные расчеты показывают, что при калорийности торфяного газа—1600 кал/м³, а также дровяного газа—1480 кал/м³ теоретическое падение мощности двигателя составит 15—20%. При этом подсчете мы пренебрегли 3-мя существенными факторами:

1. Сопротивлением генераторной установки.
2. Повышенной температурой газовой смеси по сравнению с бензиновой.

3. Влагой, содержащейся в генераторном газе, как во взвешенном состоянии, а также и в парообразном, которые будут в той или иной мере влиять на мощность двигателя. Первые два фактора будут влиять на коэффициент наполнения (η_v) двигателя, а третий на температуру вспышки и теплоиспользование генераторного газа, заключенного в цилиндре, т. е. часть тепла будет использована не для полезной работы, а пойдет на нагревание водяных паров, а также частичек воды, находящихся в газе во взвешенном состоянии.

Учитывая вышеприведенные соображения, очевидно, следует отметить, что падение мощности двигателя будет не 15—20% как при теоретических подсчетах, а выше. Останавливаясь на вопросе конструирования и теплового расчета газогенераторов, работающих по опрокинутому процессу, то по нашему мнению, остается один выход—это накопление в этой области большого количества экспериментальных данных и на основании этой базы возможно удастся выяснить главные параметры, которые должны быть положены в основу конструирования и тепловых расчетов указанных газогенераторов.

Также, на основе этих опытов выяснить ряд факторов: как то: влаги, активной зоны, температурный предел для колосниковой решетки (чтобы не сжечь ее), которые должны быть положены в основу конструирования внешних форм генератора. В настоящее время во ВНИДИ имеется полная

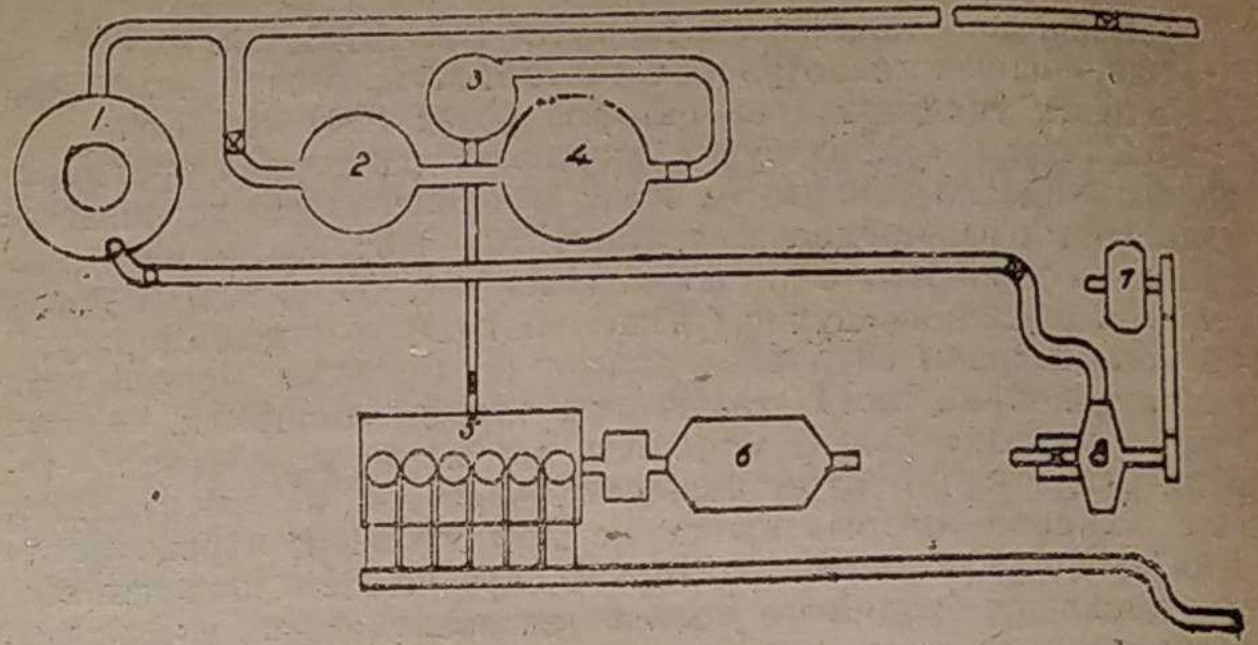


Рис. 2

газогенераторная установка, состоящая из вентилятора, опытного газогенератора, скруббера, опилкового и матерчатого очистителей. На данной газогенераторной установке нам представляется возможность вести исследования топлив как по прямому процессу, так и по опрокинутому с переменной активной зоны и переменным расходом газа в единицу времени или, что все равно, с переменным напряжением поперечного сечения генератора в активной зоне. На рис. 1 и 2 представлен общий вид газогенераторной установки и ее схемы, а на рис. 3 и 4 вентилятор и его характеристика.

По оси X-ов отложено число оборотов вентилятора, а по оси Y-ов расход воздуха в м³, а также и амперы при $V = \text{const} = 110$.

Расход воздуха измерялся шайбой Мюллера.

Опытный газогенератор, как видно из рис. 5 (разрез) имеет внутренний диаметр $d = 480$ мм, а внешний $D = 748$ мм.

Толщина кожуха генератора равна 4 мм, а обмуровка—130 мм. Между кожухом генератора и футеровкой проложен листовой

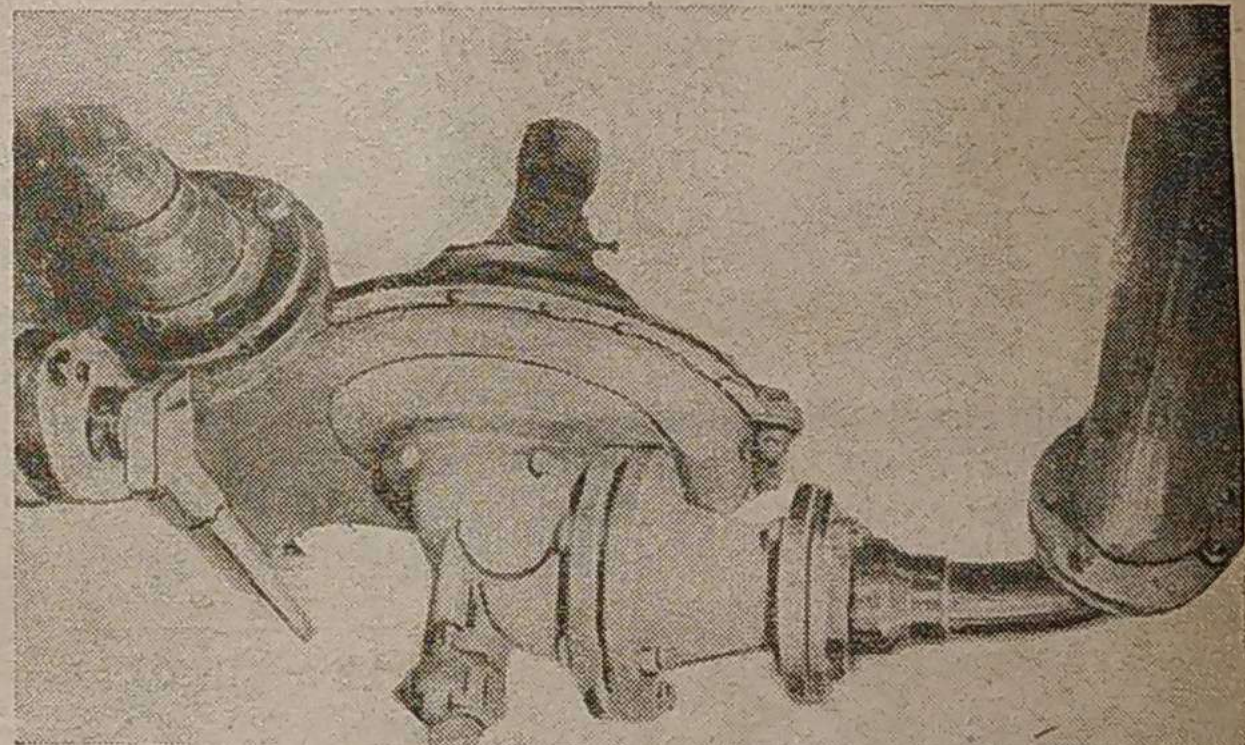


Рис. 3

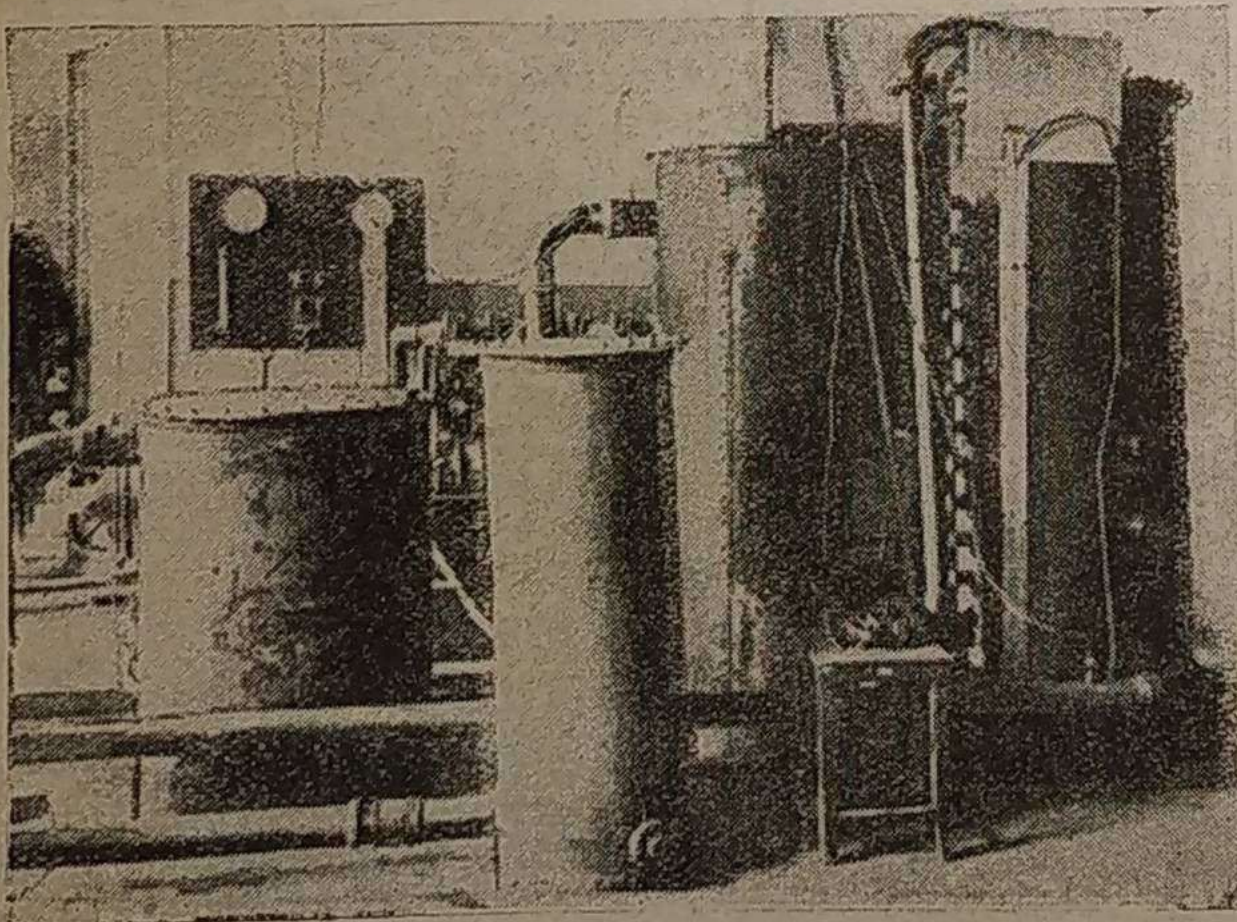


Рис. 1

асбест толщиной в 4 мм. Прокладывание асбеста имело своей целью уменьшение нагревания внешней стороны генератора, а следовательно свести к минимуму отдачу тепла в окружающую среду. На этом же рис. 5 видно, что общая высота генератора $H = 1955$ мм, а высота от колосниковой решетки до загрузочного отверстия $h = 1630$ мм.

На рис. 6 представлен разрез генератора, из которого видно, что по высоте шахты имеются отверстия, находящиеся через каждые 125 мм друг от друга и служащие для исследования качества газа по ее высоте (шахты). Также по высоте генератора (рис. 5) имеются вторые отверстия диаметром в 3", которые будут использованы для измерения температуры по высоте генератора, в частности для измерения температуры в активной зоне.

Газо-заборная трубка и сальник представлены на рис. 7 и 8. Трубка изготовлена из стального кожуха (цельнотянутая труба) диаметром $d = 20$ мм. Толщина стенки $h = 1$ мм, длина $l = 425$ мм.

Через трубку a газ засасывается из шахты генератора, а через трубку b подводится вода для быстрого его охлаждения, а посредством трубки c вода отводится. Благодаря указанной конструкции газо-заборной трубки, газ представляется возможным быстро охладить (заморозить и тем самым исключить или затормозить возможность протекания реакций в част-

при 15° и 1 атм V=110

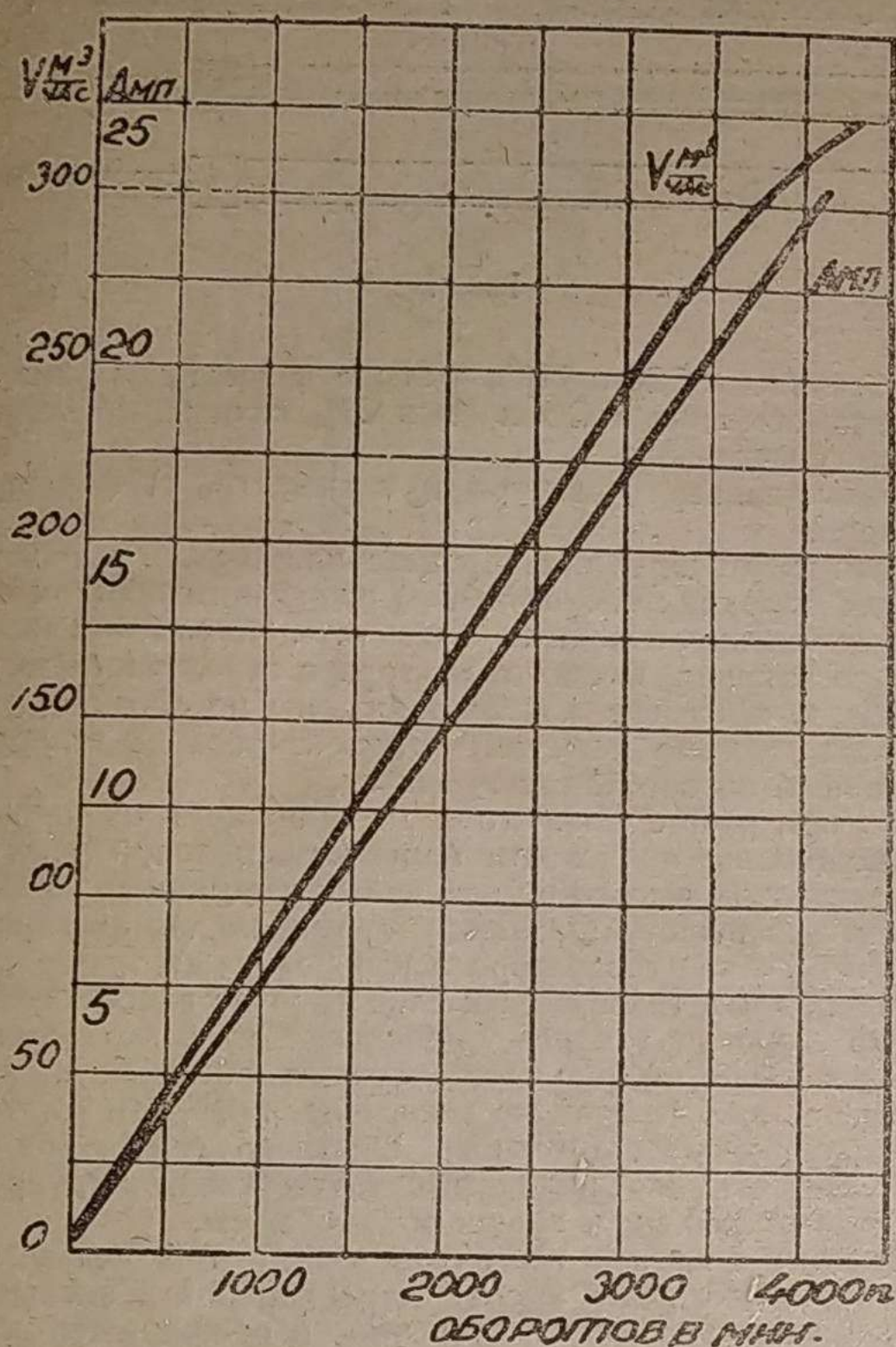


Рис. 4

ности $2CO \rightarrow CO_2 + C$, т. е. разложение окиси углерода на углекислоту и углерод, а следовательно быть уверенным в том, что забираемый и анализируемый газ по высоте генератора, а также и в активной зоне идентичен с газом места забора. На указанном генераторе мы предполагаем провести исследование следующих топлив.

1. Древесный уголь. 2. Дрова: а) березовые, б) сосновые,

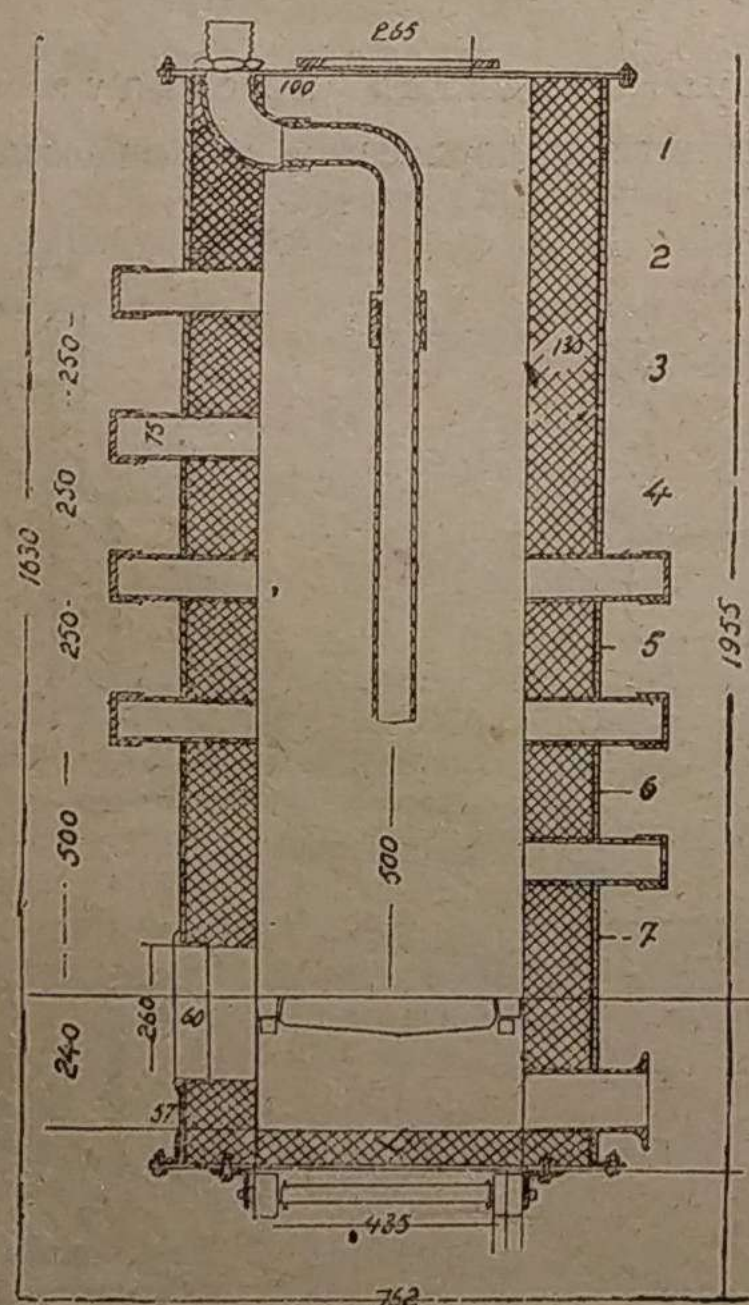


Рис. 5

в) еловые. 3. Торф. 4. Хворост. 5. Сосновые шишки. 6. Еловые шишки. 7. Очаговые отбросы и еще ряд топлив.

Исследование указанных топлив разбивается на две стадии: исследование качественного характера, т. е. выяснить принципиальную возможность и экономическую целесообразность газификации данного топлива по опрокинутому процессу. Выяснив эти параметры, приступаем к более глубокому изучению каждого рода топлива, т. е. переходим ко второй стадии исследования топлив, что имеет своей целью выяснить следующее:

- 1) Зависимость качества газа для данного рода топлива от его размеров, влажности и расхода воздуха в единицу времени, иными словами выяснить необходимый литраж генератора на 1 л. с. с максимальной теплопроизводительностью газа от вышеуказанных факторов;
- 2) Выход газа из единицы данного топлива без присадки пара и воды, а также с присадкой;
- 3) Влияние присадки воды количественно и качественно (пар, вода) на качество газа;
- 4) Количественное изучение выхода смолы, как с катализаторами, так и без них (при опрокинутом процессе) при разных режимах генератора;
- 5) Содержание влаги в 1 м³ газа при данном роде топлива и равных расходах газа (в единицу времени), но разной влажности;
- 6) Определение серы в генераторном газе;
- 7) Исследование качества газа и определение температуры в шахте по ее высоте.

Все эти семь операций необходимо будет повторить для разных родов и разных размеров топлива с разным содержанием влаги и разными установившимися режимами данной газогенераторной установки, т. е. от расхода газа в единицу времени.

На указанной газогенераторной установке была проведена первая стадия работы, т. е. частичное исследование следующих топлив: а) древесный уголь, б) торф, в) горбыли, г) дрова, д) смесь: сосна и ель, е) березовые чурки, ж) хворост.

Исследование указанных топлив проводилось при следующих обстоятельствах:

- 1) взяв определенный род топлива, 2) его размер, 3) определенной влажности.

После этого, установив подвод воздуха на определенной высоте от колосниковой решетки (процесс опрокинутый), даем желаемый расход воздуха в единицу времени (в зависимости от числа оборотов вентилятора).

Испытание на древесном угле

Размер древесного угля—17 × 50 мм (уголь пропускался через грохота).

Установив конец трубы, подводящей воздух от колосниковой решетки, равный 500 мм и расход воздуха в единицу времени, т. е. в час, равный $V=55$ м³, получили следующий средний состав газа в (%):

$$\begin{aligned} CO_2 &= 3,4 \\ O_2 &= 0,2 \\ CO &= 22,5 \\ H_2 &= 4,2 \\ CH_4 &= 4,17 \end{aligned}$$

Низшая теплотворная способность данного газа— $Q=1155$ кал/м³, средняя температура выходящего газа— $t_2=475^\circ C$. Температура измерялась непосредственно у выхода из газогенератора; обозначаем ее $t_{ген}$.

Испытание на березовых чурках

Размер чурок—100 × 25 × 25 мм.

Элементарный анализ чурок следующий (в %):

$$\begin{aligned} C^c &= 51,10 \\ H^c &= 6,45 \\ A^c &= 0,7 \\ W_g &= 5,5 \\ W_2 &= 7,63 \\ V^c &= 95,30 \\ Q^c_{г} &= 4761 \text{ кал/кг} \\ Q_{Нраб} &= 3733 \text{ кал/кг.} \end{aligned}$$

Элементарный анализ топлива производил Химический кабинет при ВНИДИ.

На указанном топливе было проведено испытание при $l=500$ мм и $V_0=55$ м³/час.

Средний состав газа получили следующий (в %):

$$\begin{aligned} CO_2 &= 8,5 \\ O_2 &= 0,4 \end{aligned}$$

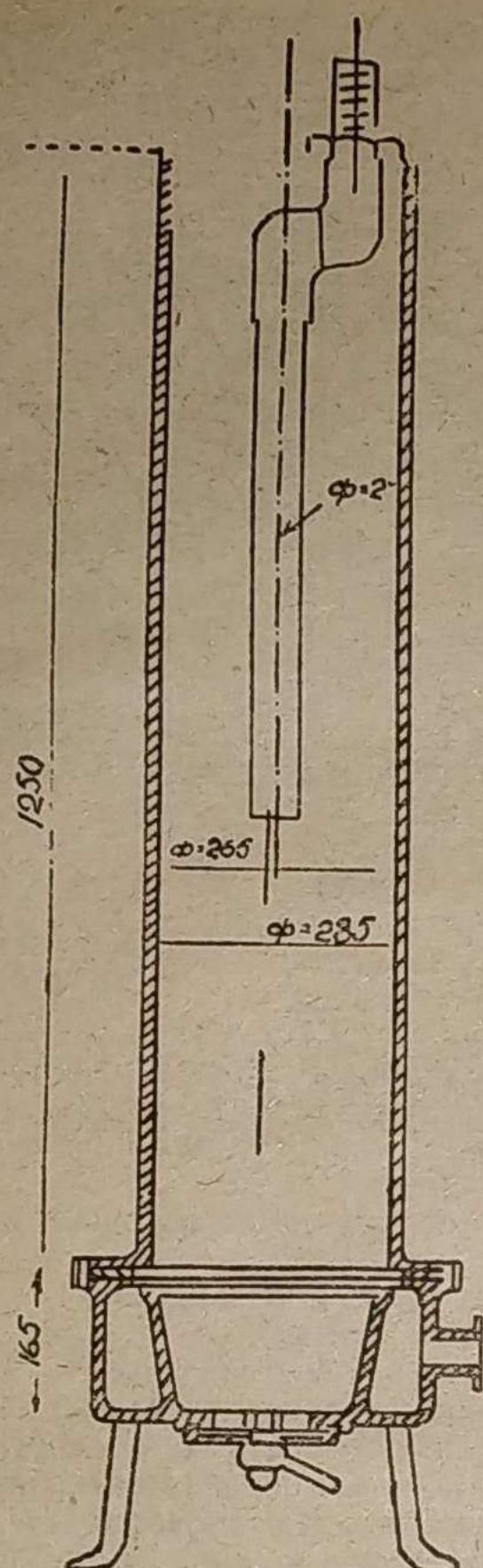


Рис. 9

мого в генератор в единицу времени, т. е. в час. Обозначим его через V_0 м³/час.

2. По составу газа и элементарному анализу газифицируемого топлива определяем по известной формуле выход газа с 1 кг топлива:

$$V = \frac{1,86 \cdot C^p}{CO + CO_2 + CH_4} \text{ м}^3/\text{кг} \quad (1)$$

3. По содержанию азота в воздухе (полагая при этом, что $N_2^a = 79\%$) и азота в газе определяем расход воздуха на 1 кг топлива по следующей формуле:

$$V' = \frac{N_2^g}{N_2^a} \cdot V = \text{м}^3 \text{ час.} \quad (2)$$

4. Зная общий расход воздуха и расход на 1 кг, получим вес газифицированного топлива в час.

$$\frac{V_0}{V'} = B \text{ кг/час.} \quad (3)$$

Данный способ подсчета расхода газифицированного топлива является приближенным. Примерная точность этого подсчета зависит от точности измеряемого расхода воздуха и от точности анализа генераторного газа.

Произведем подсчет по вышеприведенным формулам для березовых чурок.

1. Расход воздуха в наших испытаниях определялся посредством шайбы Мюллера и в данном случае был равен $V_0 = 55$ м³/ч.

2. Выход газа из 1 кг березовых чурок вычислим по вышеприведенной формуле, т. е.

$$V = \frac{1,86 \cdot C^p}{CO + CO_2 + CH_4} = \frac{1,86 \cdot 44,7}{21,8 + 8,5 + 6,42} = 2,23 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

3. Расход воздуха на 1 кг топлива составит

$$V' = \frac{N_2^g}{N_2^a} \cdot V = \frac{54,8}{79} \cdot 2,23 = 1,54 \text{ м}^3/\text{кг.}$$

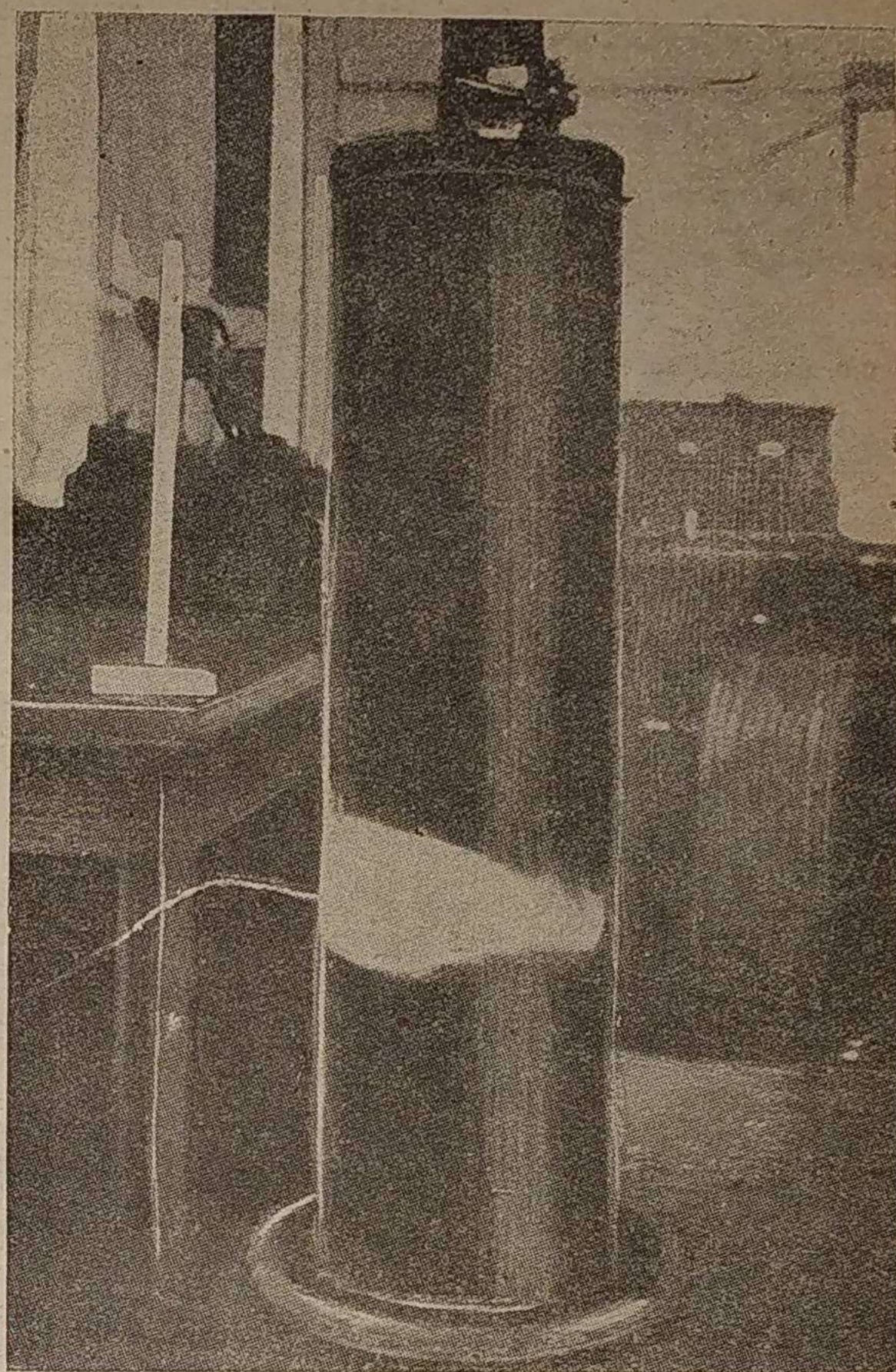


Рис. 10

4. Вес газифицируемых березовых чурок в нашем случае будет равен:

$$B = \frac{V_0}{V'} = \frac{54}{1,54} = 35 \text{ кг/час.}$$

5. Напряжение поперечного сечения генератора на 1 м² для нашего случая составит:

$$B' = \frac{B}{S} = \frac{35}{0,181} = 193 \text{ кг/м}^2 \text{ час.}$$

Определим расчетным способом влажность газа по элементарному составу топлива и анализу газа

Произведем расчет, исходя из следующих соображений:

1. Весовое содержание водорода в 1 кг топлива определяется по формуле:

$$0,01 \left(H^p + \frac{1}{9} W^p \right), \quad (1)$$

где H^p и W^p содержание водорода и влаги на рабочую массу топлива в %.

2. Весовое содержание водорода в 1 м³ сухого газа имеет такое выражение

$$0,01 (0,0895 H_2 + 2 \cdot 0,0895 CH_4), \quad (2)$$

где H_2 и CH_4 содержание водорода и метана в сухом газе в %; 0,0895 вес 1 м³ водорода в кг.

3. Принимая, что весь водород химически связанный в топливе, а также водород влаги, переходит в газ и водяной пар, т. е. что смолообразование не имеет места, то можем написать следующее уравнение:

$$0,01 \left(H^p + \frac{1}{9} W^p \right) = V \left[0,01 (0,0895 H_2 + 2 \cdot 0,0895 CH_4) + \frac{1}{9} W \right], \quad (3)$$

где V — выход газа с 1 кг топлива в м^3 ; W — количество влаги с 1 кг топлива в газе в кг.

4. Решая уравнение (3) относительно W , получим:

$$W = 0,01 [9H^p + W_{\Sigma}^p - V \cdot 0,805 (H_2 + 2CH_4)] \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \quad (4)$$

5. Уравнение (3) не учитывает в левой части водорода во влаге воздуха, могущего переходить в газ и водяной пар. Поэтому нужно ввести в уравнение (3) поправку на эту величину, член $\frac{1}{9} W'$ тогда окончательно имеем такое выражение для влажности газа:

$$W = 0,01 [9H^p + W_{\Sigma}^p - V \cdot 0,805 (H_2 + 2CH_4) + W'] \frac{\text{кг влаги}}{\text{кг твер. топ.}} \quad (5)$$

W' определяется экспериментально или можно воспользоваться имеющимися таблицами.

Подсчитаем какое количество газа содержится в 1 м^3 газа для нашего случая.

Для этого воспользуемся формулой (5), подставив в нее значения, полученные из элементарного анализа березовых чурок, а также из анализа генераторного газа (см. выше) получим следующее:

$$W = 0,01 [9 \cdot 6,08 + 12,5 - 2,25 \cdot 0,805 (8,5 + 2 \cdot 6,42)] = 0,28 \frac{\text{кг влаги}}{\text{на 1 кг чурок}}$$

или влажность газа на 1 м^3 в м^3

$$W_1 = \frac{0,28}{0,805 \cdot 2,25} = 0,15 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

При данном подсчете мы пренебрегли влажностью, содержащейся в воздухе, т. е. из этого подсчета мы видим, что при суммарной влажности березовых чурок

$$W_{\Sigma} = W_b + W_z = 5,5 + 7,63 = 13,13\%$$

т. е. при исключительно сухом топливе, содержание паров воды в 1 м^3 газа составляет 15%.

Сведем все данные, полученные экспериментально, а также и посредством подсчета в одну таблицу.

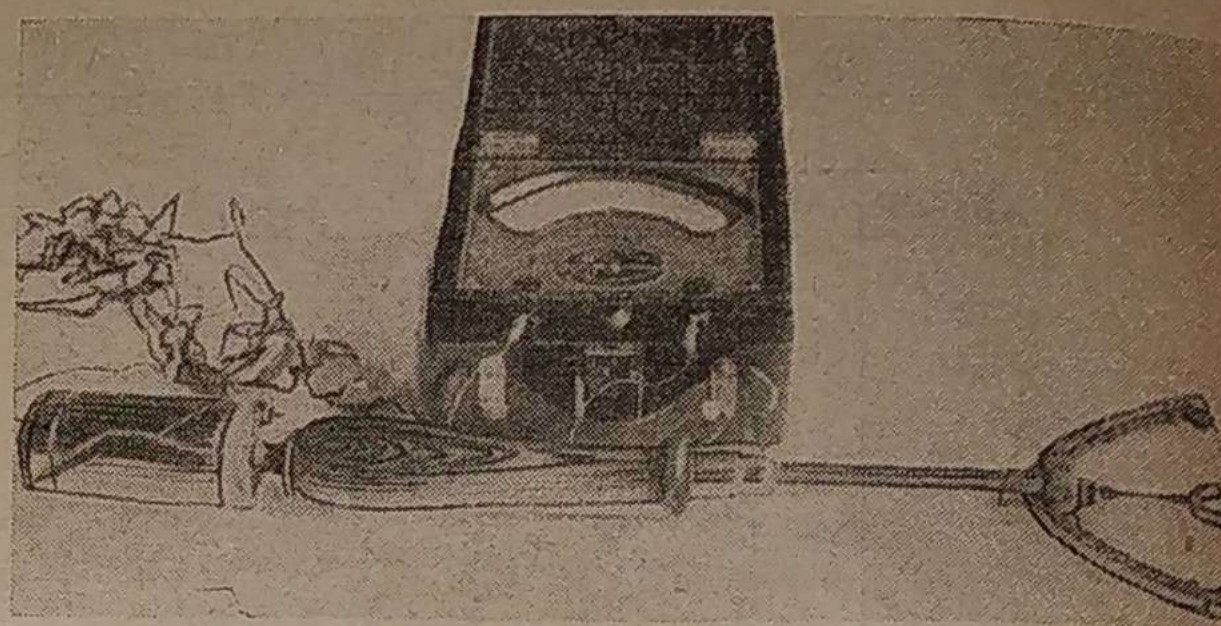


Рис. 11

$V \text{ м}^3/\text{час}$ — расход воздуха в кубических метрах в час,
 t_2 — температура газа, измеренная непосредственно у выхода из газогенератора,
 CO_2 — углекислота в процентах,
 O_2 — кислород в процентах,
 CO — окись углерода в процентах,
 H_2 — водород в процентах,
 CH_4 — метан в процентах,
 N_2^g — азот, содержащийся в газе в процентах,
 N_2^a — азот, содержащийся в воздухе в процентах,
 Q^g — низшая теплотворная способность газа в 1 м^3 ,
 C^c — углерод чурок, пересчитанный на сухое топливо,
 H^c — водород
 V_0 — количество воздуха, выраженное в м^3 , подаваемое вентилятором,
 V_1 — расход воздуха на 1 кг топлива,
 W_b — внешняя влага (чурок),
 W_z — гигроскопическая влага (чурок),
 A^c — зольность чурок, пересчитанная на сухое топливо,
 Q_b^c — теплотворная способность топлива (чурок), полученная экспериментально в бомбе и пересчитанная на сухое топливо,
 $Q_{\text{раб.}}^c$ — низшая теплотворная способность топлива (чурок), пересчитанная на рабочее топливо,
 $V \text{ м}^3/\text{кг}$ — выход газа из одного килограмма топлива (чурок),

Таблица 1

l	V м³/час.	t ₀₂	Состав газа (сухого) по объему в %								Размер топлива в мм	Элементарный анализ топлива							V м³/кг	W	W ₁	η	B'
			CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Q	C ^c		H ^c	W ^g	W ₂	A ^c	Q ^c	Q _{раб.}						
500	55	485	8,5	0,4	21,8	8,5	6,42	54,78	1460	25×25× ×100	51,10	6,45	5,5	7,63	0,7	4761	3733	2,25	0,28	0,15	87	195	

При этом испытании было проведено измерение температур на поверхности генератора по его высоте (рис. 5), т. е. в точках: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7.

Средние, зафиксированные температуры для данного случая приводятся в табл. 2.

Таблица 2

V м ³ /час	1	2	3	4	5	6	7
50	34	35	42	72	76	78	64
75	34	35	47	76	87	107	98

На рис. 11 представлен общий вид шупа и милливольтметра. Шуп изготовлен и проградуирован в физико-технической лаборатории.

Градуировочная кривая шупа представлена на рис. 12.

Приняты следующие обозначения:

l — расстояние конца трубы, подводящей воздух от колосниковой решетки в миллиметрах.

W — содержание влаги в килограммах, на один килограмм топлива (чурок),

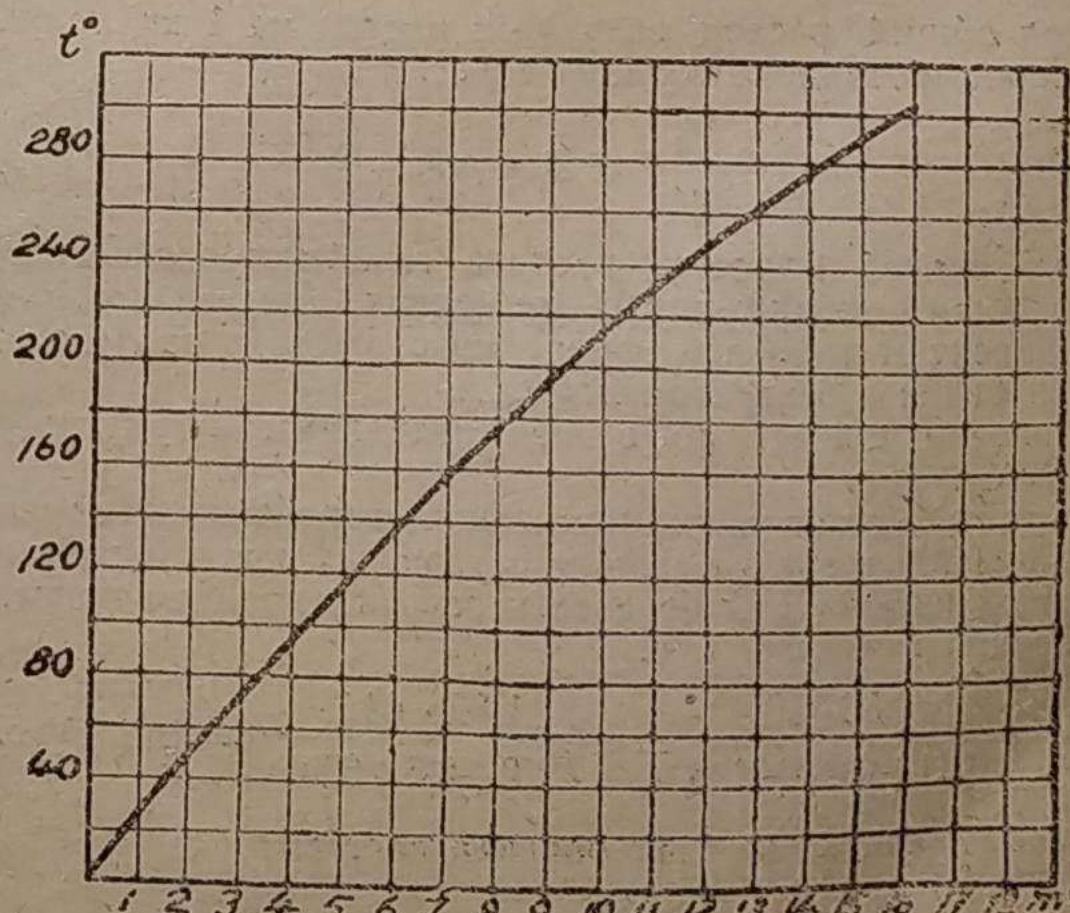


Рис. 12

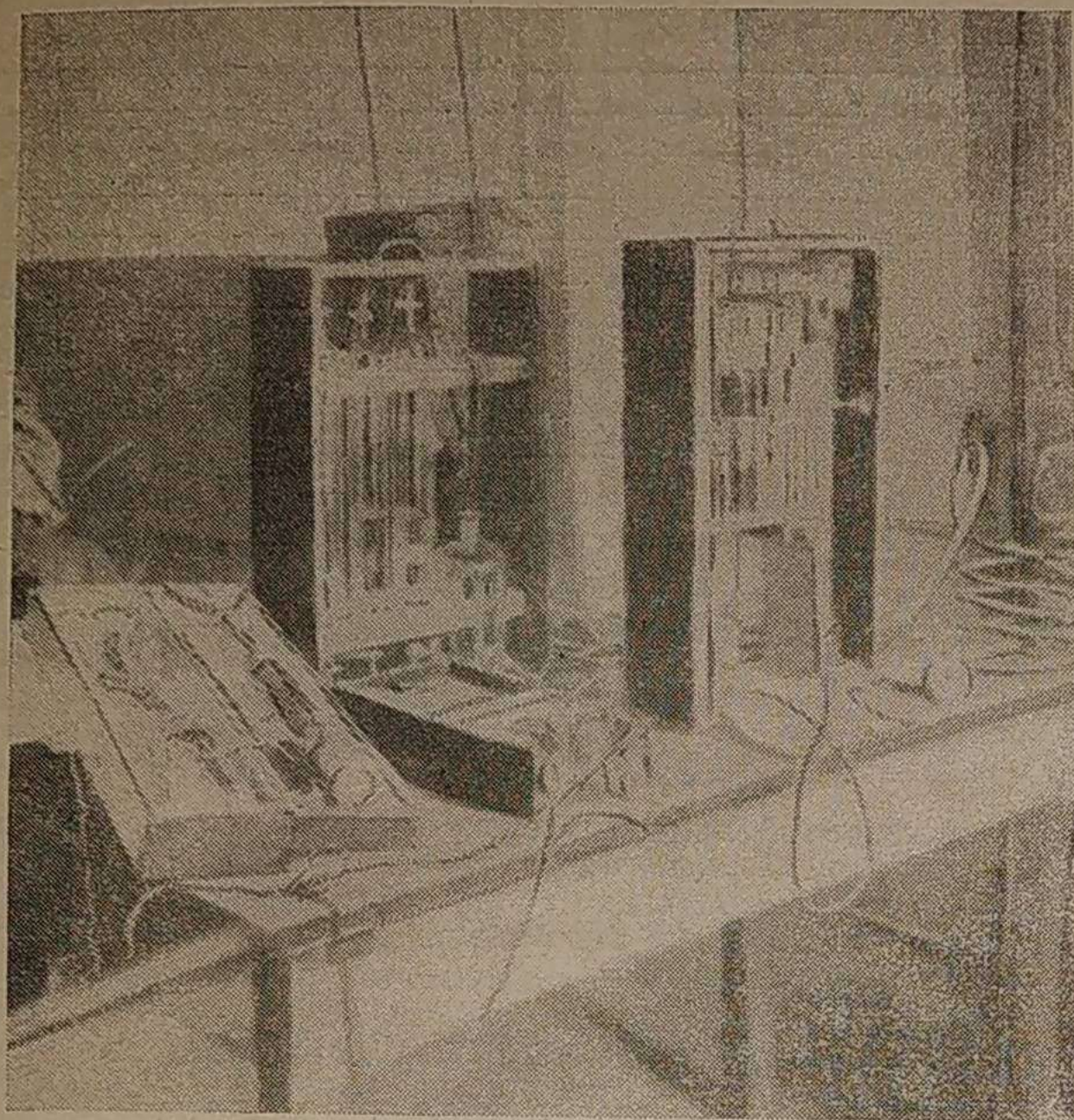


Рис. 13

W_1 — содержание влаги в кубических метрах на 1 м³ газа, η — коэффициент полезного действия генератора, подсчитанного по газу,

B^1 — напряжение поперечного сечения генератора.

Анализ газа производился на приборе Норзе при самом исследовании, а также забирался в аспиратор.

В дальнейшем данные каждого исследования рода и размера топлива в газогенераторе будем сводить в аналогичные таблицы.

Испытание на горбылях

Данные исследования, проведенные на этом топливе, сведены в табл. 3.

Из этой таблицы мы видим, что калорийность газа для обоих расходов колеблется в пределах от 1230 до 1240 кал/м³.

Теплотворная способность газа колебалась в пределах от 5—15%.

Дрова—смесь сосна и ель

Все данные исследования, проведенные на этом топливе, сведены в табл. 4.

Колебание теплопроизводительности газа и его составных частей при размере топлива 100×100×100 мм составило—50%, а при размере топлива 15×25×100 мм составило 30%—процесс был более устойчив.

Приведенные испытания имели своей целью выяснить качество газа от размерности данного рода топлива, а также выяснить качество газа от расхода воздуха в единицу времени.

Из приведенной табл. 3, строки первой и второй, мы видим, что при расходе воздуха $V=60$ м³/час, но разной размерности топлива, калорийность изменяется от 555 до 835 кал/м³, т. е. при размерности топлива, в первом случае равном 100×100×100 мм, калорийность газа равна $Q=555$ кал/м³, а при размерности топлива 15×25×100 мм калорийность газа равна $Q=835$ кал/м³.

Из этого сравнения мы видим, что при увеличении размера дров, калорийность газа сильно падает.

Из этой же таблицы мы видим, что при расходе воздуха $V=55$ м³ и $V=75$ м³/час и одной и той же размерности топлива, калорийность газа для первого случая составила 970 кал/м³, а для второго—945 кал/м³.

Сравнивая табл. 3 и 4, мы заключаем, что для одного и того же рода топлива, но разной влажности калорийность для одних и тех же расходов (примерно) воздуха разная. Иными словами, теплопроизводительность газа сильно понижается с повышением содержания влаги в топливе.

Из тех же таблиц, т. е. 3 и 4 видно, что с увеличением влаги топлива, увеличивается содержание влаги в газе.

Кроме того, из тех же таблиц, т. е. 3 и 4 видно, что для одного и того же рода топлива и одинаковых расходов воздуха в единицу времени, подсчет показывает, что в первом случае содержание паров воды в газе составило 12—13% при влажности газифицируемого топлива— $W_{\Sigma}=11,69\%$ и при газификации этого же топлива с влажностью $W_{\Sigma}=55\%$ содержание влаги в одном кубометре газа составит в среднем 50%.

Приведенные предварительные экспериментальные и подсчитанные цифры иллюстрируют следующее положение:

а) топлива, содержащие 50% влаги, при соблюдении ряда условий, газифицировать по опрокинутому процессу принципиально возможно;

б) теплопроизводительность газа падает с увеличением влаги в газифицируемом топливе;

в) содержание влаги в газе сильно возрастает с увеличением влаги в газифицируемом топливе.

Из этих трех выводов следует заключить, что увеличенный процент содержания влаги в генераторном газе уменьшает его теплоценность при использовании в двигателе, а в некоторых случаях ставит вообще предел его воспламенения, а ввиду этого на это обстоятельство следует обратить соответствующее внимание при газификации топлив с большим содержанием влаги. Итак, вопрос газификации топлив с повышенным содержанием влаги (до 50% и выше) по опрокинутому процессу принципиально возможен, но использование полученного из этого топлива генераторного газа, т. е. газа с увеличенным процентным содержанием влаги (40—50%) требует сложных приспособлений для охлаждения и осушки перед поступлением его в двигатель, и в транспортно-генераторных установках этот вопрос пока еще не решен.

Газификация в автотракторных генераторах топлив, в частности дерева с содержанием 40—50% влаги, на данной стадии развития ставит непреодолимые препятствия.

Трудности, возникающие при газификации дерева, содержащего 40—50% влаги, заключаются в том, что режим генератора неустойчив, т. е. теплопроизводительность газа с течением времени колеблется, а также при указанной влажности дерева падает на 30—40% по сравнению с сухим газифицируемым топливом. При эксплуатации же малообъемных генераторов,

Таблица 3

l	V м ³ /час	t ₂	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Q	Размер топлива в мм	Элементарный анализ топлива							V м ³ /кг	W	W ₁	η%	B'
											C ^c	H ^c	W _g	W ₂	A ^c	Q ^c _б	Q _{раб}					
500	50	418	9,6	0,35	22,2	9,4	4,29	55,14	1241	15×25×100	49,60	6,02	3,5	8,19	1,32	4716	3830	2,25	0,249	0,132	76	117
500	70	—	10,3	0,3	19,1	9,2	4,8	56,3	1230	15×25×100	49,60	6,02	3,5	8,19	1,32	4716	3830	2,25	0,283	0,12	75	232

Таблица 4

l	V м ³ /час	t ₂	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Q	Размер топлива в мм	Элементарный анализ топлива							V м ³ /кг	W	W ₁	η%	B'
											C ^c	H ^c	W _g	W ₂	A ^c	Q ^c _б	Q _{раб}					
500	60	500	16,5	0,5	7,2	5,6	2,35	67,85	555	100×100×100	49,73	6,31	40,6	6,9	1,28	4921	2254	2,0	0,6	0,37	49	192
500	60	450	14,1	0,4	11,4	5,8	3,21	65,01	835	15×25×100	49,73	6,31	40,6	6,9	1,28	4921	2254	1,80	0,58	0,40	67	220
500	55	315	12,7	0,2	15,0	8,4	3,74	59,96	970	15×25×100	49,48	6,22	36,5	7,20	1,21	4753	2332	1,75	0,52	0,36	73	224
500	70	480	13,7	0,2	12,2	9,2	3,85	60,85	945	15×25×100	49,48	6,22	38,0	7,20	1,21	4753	2280	1,80	0,50	0,34	75	276

к ним предъявляются суровые требования, как раз по вышеуказанным пунктам, т. е. максимально возможная калорийность газа и устойчивый режим генератора.

Из этих сопоставлений мы видим, что применение топлив, содержащих большой процент влаги, в современных малообъемных генераторах применен быть не может.

В этом вопросе некоторые склонны рассуждать следующим образом: наличие некоторых конструктивных дополнений в генераторе, дающих отвод избытка пара из топливной камеры, позволит сжигать в генераторе свежесрубленное дерево, т. е. дерево, содержащее 40—50% влаги. Относительно этого утверждения и аналогичных ему можно сомневаться, так как до сих пор, пока нет соответствующих генераторов, находящихся в эксплуатации и не только у нас в Союзе, но их нет и за границей.

Если в этом вопросе имеются кое-какие попытки, то нельзя их пока возводить в достижения.

Да вообще, стоит ли отвлекать небольшую прослойку людей, занимающихся в этой области теми вопросами, которые желательны, но почти что неразрешимы в настоящее время. Нам думается, что на данной стадии лучше решать эту проблему (применение газогенераторов в автотранспорте) не в усложненном виде, а в упрощенном и направить научно-исследовательскую мысль для быстрого разрешения указанной проблемы в ее первой стадии, т. е. применение топлив с малым содержанием влаги и золы. Когда же благоприятно будет решен вопрос с указанными топливами, то, если явится необходимость, можно произвести попытку газифицировать в малообъемных генераторах дерево, содержащее 40—50% влаги.

Газификация торфа

В табл. 5 сведены данные испытания по газификации торфа без присадки воды.

Испытание проводилось на той же генераторной установке и имело своей целью выяснить качество газа от тех же параметров.

На рис. 14 приведены данные испытания в виде ломаных при расходе воздуха $V=83$ м³/час и $l=500$ мм.

По оси абсцисс отложено время испытания (установившийся режим), а по оси ординат—CO, H₂, CH₄, CO₂, O₂, N₂, Q и t₂.

Из этого рисунка можно заключить, что колебание во время опыта составных частей газа, а также калорийность газа.

Аналогичное колебание газа и теплотворной способности лежит в тех же пределах и для остальных испытаний, приведенных в табл. 5.

При указанных испытаниях имело место шлакование генератора, однако, не вызывая его остановки в пределах нашего времени — опыта, т. е. в течение 2—3 час. Однако следует отметить, что продолжительная газификация вышеуказанного торфа (см. элементарный анализ) по опрокинутому процессу без присадки воды или пара, как показывают предварительные опыты, очевидно, будет не возможно. Эти предположения будут иметь свои оправдания лишь при соответствующей форсировке генератора и влажности топлива, т. е., чем выше

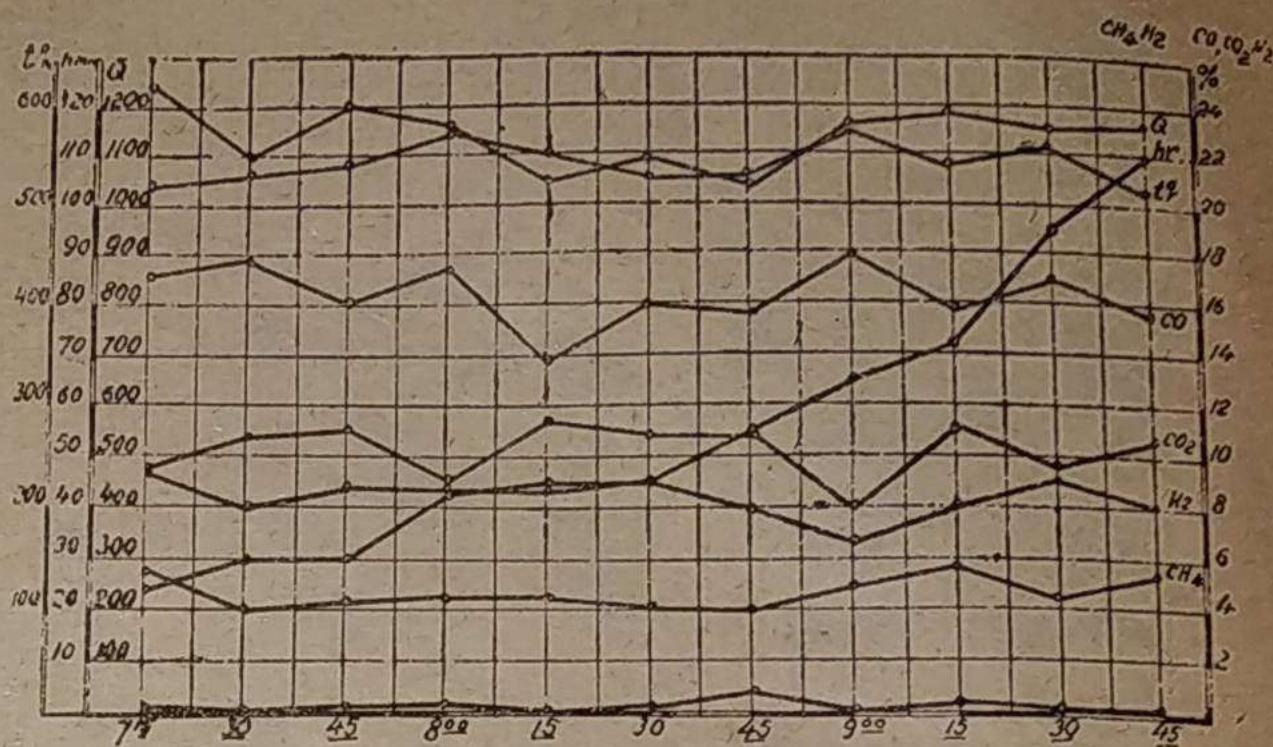


Рис. 14

напряжение генератора (форсировка) и чем ниже влажность топлива, тем быстрее будет происходить шлакование генератора. Из рис. 14 видно сопротивление генератора растет с увеличением времени газификации, что показывает на зашлакование генератора.

Газификация хвороста

В табл. 6 сведены данные испытания хвороста.

Колебание теплотворной способности и составных частей газа в обоих испытаниях, примерно, 30—50%, т. е. режим генератора крайне неустойчив. Это испытание лишний раз подтверждает, что при газификации топлив с большим содержанием влаги, качество газа падает, примерно, на 30—40%, и режим генератора становится неустойчив.

Кроме указанных топлив, на генераторе ЛТД-2, представленном на рис. 9, были проведены примерные исследования следующих топлив:

1. Сосновые шишки.
2. Еловые шишки.
3. Очаговые отбросы.

Данные испытаний сведены в табл. 7.

Из этой таблицы мы видим, что при газификации сосновых шишек калорийность газа может быть получена не меньше, чем из любого топлива.

Колебание теплотворной способности газа из сосновых шишек составляло, примерно, 10—20%.

Качество газа при газификации еловых шишек было не велико и, как это видно из той же таблицы, составило 460 кал/м³.

Объяснить это можно следующим обстоятельством: во-первых, содержание влаги в еловых шишках, примерно, составило 60—70%, а во-вторых, ввиду большого размера самих шишек

Таблица 5

№	l	V м ³ /час	t ₂	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Q	Размер топлива в мм	Элементарный анализ топлива						V _{м³} кг	Q _{раб}	η	B _{м³} час	B _{кг} час	W _{кг} кг	W _{м³} м ³
												W _a	W ₂	A ^c	C ^c	H ^c	Q ²⁶							
1	500	70	400	11,8	0,3	14,7	8,8	4,48	60,30	1091	17×37	18,10	8,20	6,16	54,05	6,10	5427	2,5	3435	80	37	205	0,30	0,15
2	500	50	375	10,5	0,4	17,5	8,8	4,57	58,23	1155	17×75	10,30	8,22	10,00	53,67	6,26	5268	2,5	3950	73	27	150	0,28	0,14
3	500	70	490	8,9	0,3	19,3	10,0	3,93	57,57	1185	17×75	10,30	8,22	10,00	53,67	6,26	5268	2,5	3950	75	38	210	0,28	0,14
4	500	44	345	9,5	0,2	18,3	9,2	5,01	57,77	1225	17×75	10,30	8,22	10,00	53,67	6,26	5268	2,5	3950	77,5	24	133	0,25	0,13
5	500	60	400	9,5	0,2	18,9	7,8	6,33	57,27	1320	17×37	10,30	8,22	10,00	53,67	6,26	5268	2,35	3950	78,5	35	193	0,25	0,135
6	500	83	540	10,3	0,3	16,4	8,5	4,74	59,76	1140	17×75	10,30	8,22	10,00	53,67	6,26	5268	2,6	3950	75	42	32	0,26	0,125

Таблица 6

№	l	V м ³ /час	t ₂	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Q	Размер топлива в мм	W _a
1	500	55	349	14,9	0,33	10,25	7,46	4,86	62,64	820	Длина = 120 d = 10—30	42,49
№	l	V м ³ /час	t ₂	CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	Q	Размер топлива в мм	W _a
2	500	95	550	15,4	0,32	8,23	9,39	3,05	62,50	745	Длина = 120 d = 10—30	42,49

Таблица 7

Род топлива	l	t ₂	Объемн. состав газа сухого в %						Q
			CO ₂	O ₂	CO	H ₂	CH ₄	N ₂	
Сосновые шишки . . .	730	645	14,1	0,4	14,0	8,4	4,54	58,56	1035
Еловые шишки . . .	730	350	16,9	0,4	5,2	4,9	2,0	70,6	460

и по повышенной влажности, высота подвода воздуха (обратный процесс), очевидно, была недостаточна. Однако есть все основания думать о том, что при более сухих шишках и соответствующем подборе высоты конца трубы, подводящей воздух, калорийность газа будет лежать в тех же пределах, что и для сосновых шишек и других топлив.

Очаговые отбросы

Очаговые отбросы (т. е. провал, получающийся на паровозах) по существу являются бросовым топливом.

Нами были взяты пробы со следующих вокзалов: Финляндского, Витебского, Варшавского, Балтийского и Октябрьского.

Проведенный элементарный анализ их физико-химическим кабинетом показал следующее (в %):

Финляндский вокзал 28/IX 1931 г.

1) W _{сум}	1,66
2) C ^c	61,73
3) H ^c	1,08
4) Летучий	3,67
5) A ^c	34,60
6) Q _б	5174

Витебский вокзал 30/IX 1931 г.

1) W _{сум}	13,95
2) C ^c	68,63
3) H ^c	0,17
4) V ^c	3,02
5) A ^c	28,30
6) Q _б	5452

Варшавский вокзал 9/X 1931 г.

1) W	8,40
2) C ^c	64,0
3) H ^c	1,40
4) V ^c	8,0
5) A ^c	32,0
6) O + W + S	2,00
7) Q _б	5470

Октябрьский вокзал 12/X 1931 г.

1) W	21,7
2) C ^c	57,2
3) H ^c	1,5
4) V ^c	10,9
5) A ^c	38,0
6) O + W + S	3,3
7) Q _б	4746

Балтийский вокзал 13/X 1931 г.

1) W	17,17
2) C ^c	65,3
3) H ^c	1,45
4) V ^c	9,0
5) A ^c	29,6
6) O + W + S	3,65
7) Q _б	5720

Из этих данных мы видим, что высшая теплопроизводительность колеблется в пределах от Q = 4746 до Q = 5720. Такая высокая теплопроизводительность очаговых отбросов побудила нас произвести их газификацию на нашей установке.

Попытки газификации очаговых отбросов на имеющейся газогенераторной установке кончились на данной стадии неудовлетворительно лишь потому, что не могли создать желаемого вакуума.

Остаются два пути исследования очаговых отбросов в газогенераторах.

Первый путь—это газификация очаговых отбросов под большим давлением или б. вакуумом и второй путь—это газификация их в пылевидном состоянии.

В настоящее время нами приобретен вентилятор с большим давлением, посредством которого мы попытаемся создать необходимый расход воздуха в единицу времени и тем самым провести пробную газификацию очаговых отбросов.

И на этой же установке будут проведены работы по вышеуказанным пунктам.

М. Гаркуша

Система планирования производства на автозаводе¹

Технологический процесс—основа планирования производства

Все знают, что ввести какую бы то ни было систему планирования, не имея зафиксированного технологического процесса—нельзя. Однако далеко не все предприятия, построенные по последнему слову техники, имеют зафиксированный технологический процесс. На многих предприятиях знают технологический процесс только проектанты и работники, непосредственно выполняющие данный процесс. Нельзя планировать, не зная точно, на каком станке, прессе или другом оборудовании выполняется та или другая операция, так как отсутствие таких данных не позволяет установить загрузку программным заданием каждого рабочего места; нельзя уверенно планировать, не зная, на каком еще станке или станках можно выполнить определенную операцию, если выйдет из строя станок, на котором обычно эта операция выполняется и т. д. и т. п. Отсутствие строго за-

фиксированного технологического процесса не позволяет провести планирование как систему и все планирование сводится к погоне за отдельными деталями выполнения программы, сводится к планированию все время возникающих прорывов этого выполнения.

Исходя из таких соображений, первое мероприятие по внедрению системы планирования—это установление существующего технологического процесса по каждой детали с одновременным введением строгого порядка внесения всех имеющих затем место изменений этого процесса. Технологический процесс фиксируется по карточке такой формы: (см. форма 1 на стр. 312).

Эта карточка фиксирует все три основных элемента производственного процесса: материалы, оборудование, рабочую силу.

В производственной жизни предприятия очень часто бывают такие случаи, что один отсутствующий в данный момент материал необходимо за-

¹ Окончание. См. № 11 Автотракторное дело.