

20647

71



ТРУДЫ УРАЛЬСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ИНСТИТУТА

1 рубль.



ВЫПУСК V

R 43 / 72

# ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРА „БЕРЛИЕ“ НА ДРЕВЕСНОМ ТОПЛИВЕ

Работа выполнена инж. Козловым В. Н.  
и инж. Нулябиным Г. Ф. при участии  
инж. Гордеева П. Д. и Урышева К. В.

Под общим направляющим руководством  
директора УралНИИ инж. Жуликова  
Н. М. и зав. Сектором механизации  
л/з и сух. транспорта инж. Сулимова А. Н.



69  
355

Свердловск, Уралгазет-трест. Т. «Гранит». Заказ № 486. Уралобллит № 142. Тираж 2500.

ГОСЛЕСТЕХИЗДАТ  
СВЕРДЛОВСК 1932



ТРУДЫ УРАЛЬСКОГО НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОГО ИНСТИТУТА

R 43  
79

ВЫПУСК V



п. 2674

УХХИ-3041

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОГЕНЕРАТОРА  
„БЕРЛИЕ“  
НА ДРЕВЕСНОМ ТОПЛИВЕ

Работа выполнена инж. Козловым В. Н.  
и инж. Кулябиным Г. Ф. при участии  
инж. Гордеева П. В. и Урышева К. В.

Под общим направляющим руководством  
Директора УралНИЛИ инж. Жуликова  
Н. М. и Зав. Сектором механизации  
л/з. и сух. транспорта инж. Сулимова А. Н.

~~01/355~~



ИЗДАНИЕ ГОСЛЕСТЕХИЗДАТА

СВЕРДЛОВСК

1932



## І. В в е д е н и е

Применение древесного топлива, вместо жидкого (керосина, бензина и т. д.) для двигателей внутреннего сгорания автомобильного типа производится, сравнительно, не так давно. Первый газогенераторный грузовик был выполнен в Шотландии в 1905 году. В 1916 году во время мировой войны между Парижем и Руаном работал автобус на древесно-генераторном газе.

Постепенное истощение мировых нефтяных ресурсов и неминуемый, вследствие этого, грядущий кризис в нефтепродуктах заставил в 1918 году САСШ обратить серьезное внимание потребителей бензина и получаемых из нефти других видов топлива на отыскание новых источников моторного топлива. Этому вопросу особенно большое внимание уделила Франция, как страна испытывающая наибольшую нужду в нефтепродуктах. Использование «национального» топлива, как горючего для двигателей внутреннего сгорания, восстановление запасов которого протекает путем естественного органического роста являлось одной из проблем работы французского департамента исследований и изобретений. Изыскания в этой области показали, что достаточно экономно могут быть использованы генераторные газы, получаемые из дров и древесного угля.

Таким образом первенство детальной разработки вопроса применения газогенераторов к грузовикам и автомобилям принадлежит научно-технической мысли Франции, а затем Бельгии; Германия шла другим путем, в деле разрешения проблемы моторного топлива, а именно—путем получения из твердого топлива жидкого топлива по методу Берггуса.

Вопросу применения твердого топлива, как горючего для двигателей внутреннего сгорания, особенно большое внимание начали уделять во Франции с 1922 года. Производятся конкурсные испытания газогенераторных грузовиков, ведутся лабораторные исследования как в области разработки рационального генератора и отыскания наиболее выгоднейшего вида топлива, так и рационального использования газовых смесей в цилиндрах бензиновых двигателей, разрешаются вопросы повышения к. п. д.



установок, вопросы сохранения мощности двигателей неизменной при переводе двигателей с бензина на газ и т. д., и т. п.

В настоящее время за границей и особенно во Франции имеется довольно много разнообразных конструкций легких газогенераторов для автомобильных установок.

Применяемые газогенераторы, в зависимости от вида газогенераторного процесса, можно разделить на две категории: 1) газогенераторы с прямым процессом горения (снизу вверх) и 2) с обратным (сверху вниз).

В качестве топлива для газогенераторов с прямым процессом горения применяется древесный уголь, антрацит и карбонит (брикеты из древесноугольной мелочи), т. е. такое топливо, которое при процессе газификации не дает смолистых веществ; при обратном процессе торф, и главным образом, древесина, т. е. топливо с значительным содержанием влажности, и при процессе газификации которого возможно образование смолистых веществ. Надо, конечно, отметить, что обратный процесс может быть также применен и для газификации древесного угля и карбонита.

На основании имеющихся опытов, несложный по конструкции дровяной газогенератор дает более дешевый тип, почему этот тип газогенератора представляет для нас большой интерес.

Вопрос о применении древесного горючего для двигателей внутреннего сгорания в экономике Урала имеет весьма большое значение. С развитием лесозаготовок и механизацией транспорта, потребуется весьма большое количество горючего. Удовлетворение этой потребности жидким топливом — бензином, керосином и др. в условиях Урала является затруднительным и экономически очень невыгодным. Снабжение лесозаготовительных участков, лесопромхозов Уралобласти, разбросанных на весьма большом расстоянии, жидким горючим, доставляемым на Урал с Кавказа, в настоящее время является весьма затруднительно. Помимо больших затруднений по перевозке и доставке жидкого горючего на лесозаготовительные пункты, потребовались бы большие капиталовложения и расходование дефицитного материала на устройство хранилищ для жидкого горючего.

Если сравнить стоимость горючего при перевозке 100 куб. метр. древесины на расстоянии 1 километр трактором, работающим в одном случае на бензине, а в другом на дровах, то получается, что на бензине расход выражается в 2,15 руб., а на дровах в 0,512 р. т. е. на дровах в 4 раза дешевле, чем на бензине. Это обстоятельство указывает, что вопрос о замене бензина древесным горючим является чрезвычайно важным.

Для выявления целесообразности применения газогенераторов на Урале был выписан из Франции дровяной газогенератор Берлие системы Имбер-де-Дитрих (Umbert-de-1 etr ch), работающий на дровах с обратным горением (газ циркулирует сверху вниз, доступ воздуха в середине топлива). С этим газогенератором были произведены опыты, имевшие своей целью установить:

1. Наивыгоднейшее содержание в дровах влажности.
2. Наивыгоднейшую породу древесины.
3. Работу двигателя в зависимости от качества и породы газифицируемой древесины.
4. Количество и состав получающегося генераторного газа при газификации разных пород и качестве древесины.
5. Коэффициент полезного действия газогенератора.
6. Для испытания был стационарно установлен двигатель от трактора «Фордзон». Двигатель работал без нагрузки. Первоначальный пуск двигателя производился на бензине, для чего на двигателе был поставлен карбюратор Zenit.

## Древесное топливо, как источник горючего для двигателей внутреннего сгорания

В качестве твердого топлива для газификации могут быть применяемы: дерево, древесный уголь и карбонит. Рассмотрим все три вида топлива с точки зрения применения их для газификации в газогенераторах, установленных непосредственно на тракторе или грузовом автомобиле.

*Древесный уголь.* Древесный уголь является прекрасным горючим, т. к. в виду большого развития поверхности он очень активен, содержит небольшой процент мало плавкой золы. При газификации древесного угля получается газ хорошей теплотворной способности, в нем абсолютно отсутствует содержание серы. Несмотря, однако, на эти его ценные свойства практическое применение древесного угля связано с неудобствами, во-первых, он имеет малый удельный вес, сильно измусоривается и при загрузке и работе газогенератора дает много пыли, для улавливания которой требуется установка пылеочистителей. В единице объема содержится сравнительно небольшое количество тепловой энергии. Так, например, для получения одного и того же количества тепловой энергии бензина требуется 1 литр, а древесного угля около 6 литров. Таким образом, для трактора, работающего на древесном угле при равенстве запасов топлива



с таким же трактором на бензине, необходимо вместилище для горючего в 6 раз больше по объему.

Кроме того, поскольку в единице объема содержится сравнительно небольшое количество тепловой энергии, газогенератор требует частой загрузки, что сопряжено с излишней потерей времени, затрудняется обслуживание, понижается коэффициент полезного действия газогенератора и увеличиваются потери угля на измельчение.

В этом отношении возможно предполагать, что бурый древесный уголь, который имеет удельный вес почти в два раза больший, чем вес черного древесного угля, обладает хорошими механическими свойствами и, следовательно, мало поддается измельчению, может оказаться гораздо выгоднее, чем черный древесный уголь, для газификации в газогенераторах на тракторах.

*Карбонит.* Недостатки, присущие древесному углю устраняются при употреблении для газификации брикетированного угля, получившего распространение во Франции под названием «карбонит» и имеющего форму небольших яйцевидных ядер. Для получения карбонита древесный уголь сначала измельчается в порошок, который затем в смеси с растительными маслами или смолистыми веществами брикетруется и прокаливается при высокой температуре. Анализ такого брикета показывает следующие

$$\begin{array}{l} C = 90,50 \\ H_2 = 3,50 \\ O_2 = 1,5 \\ \text{Золы} = 1,5 \\ H_2O = \frac{3}{100\%} \end{array}$$

Такому процентному содержанию углерода в карбоните соответствует температура прокаливания, примерно, 900°C.

Карбонит мало гигроскопичен, содержание влажности в среднем не превышает 3 — 4 проц. Плотность карбонита колеблется в пределах 0,9 — 1,0. Механическая прочность его приблизительно равна каменноугольному коксу.

При газификации карбонит дает газ более богатый горючими составными частями, чем обыкновенный древесный уголь и почти не дает пыли. Тепловой энергии в единице объема (складочной меры) карбонита заключается всего в два раза меньше, чем в единице объема бензина. При перевозках и разгрузке газогенератора карбонит почти совсем не измельчается, благодаря чему

значительно упрощается обслуживание газогенератора по сравнению с обслуживанием газогенератора на древесном угле. Основной недостаток карбонита — это большие расходы на оборудование установки для его производства и излишние расходы на это производство.

Применение карбонита в качестве горючего для двигателей внутреннего сгорания в условиях Урала, надо полагать, имеет будущность. Наличие огромных запасов древесноугольного мусора, являющегося отбросом при углежжении, диктует настоятельную необходимость постановки опытов по изготовлению брикетов, подобных карбониту. Если во Франции специально поставлено производство древесного угля для карбонита, применяемого при работе двигателей на газе, и карбонит, как горючее, считается дешевле на 50 проц., по сравнению с бензином, то в уральской действительности, где для производства карбонита должен употребляться древесно-угольный мусор, этот вопрос имеет большие перспективы.

Применение в качестве горючего древесного угля и карбонита требует особой конструкции газогенераторной установки. Газогенератор должен быть изготовлен или с внутренней футеровкой из огнеупорного материала или конус над решеткой д. б. сделан из жароупорной стали, т. к. процесс газификации происходит при высокой температуре.

Обмуровка газогенератора при движении грузовика от сотрясения изнашивается и часто требует ремонта. Для очистки газа от пыли должны быть установлены специальные очистители (обычно матерчатые).

*Дерево.* Дерево представляет наиболее простой вид топлива для газогенераторов. Так как при газификации дров получается большое количество водяных паров и смолистых веществ, то для уменьшения содержания этих продуктов в генераторном газе процесс горения в газогенераторе д. б. обращенный. В этом случае смола, углекислота и пары воды, проходя через слой раскаленного угля вступают с углем в химическое взаимодействие. Углекислота и пары воды разлагаются с образованием водорода и окиси углерода, а смола подвергается Крекингу. Таким образом, благодаря обращенному процессу горения, генераторный газ получается с большим проц. горючих составляющих и в очистители переходит меньше смолы и влаги.

Применение дерева, как горючего в газогенераторах, имеет следующие преимущества:

1. Низкая себестоимость, т. к. совершенно исключаются расходы как по выжигу угля, так и по брикетированию.



2. При употреблении сухой древесины по теплоценности газ получается из дров лучше, чем из угля.

Недостатки таковы: 1) образуется большое количество паров воды и смолы и следовательно требуются дополнительные приспособления газоочистителей.

3. Необходима распиловка дров и расколка древесины на куски требуемых размеров.

## Процесс газификации

Во время процесса газификации в газогенераторе системы Берлие имеют место следующие стадии:

1. В верхнем первом слое дров происходит предварительная сушка.

2. Во втором слое выделяются легко летучие продукты сухой перегонки дерева и кислород, содержащие газы.

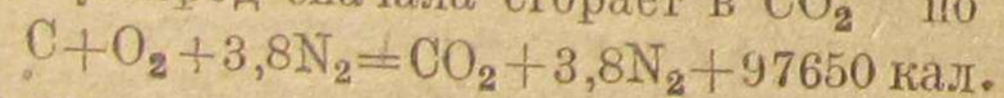
3. В третьем слое выделяются более трудно летучие продукты сухой перегонки.

4. В четвертом слое происходит процесс обугливания древесины.

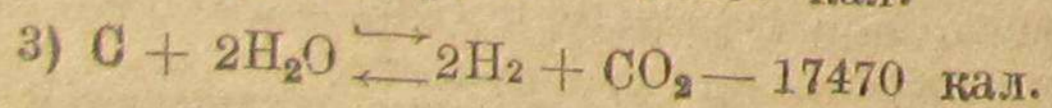
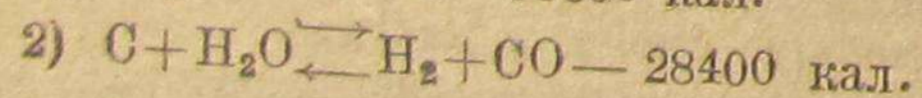
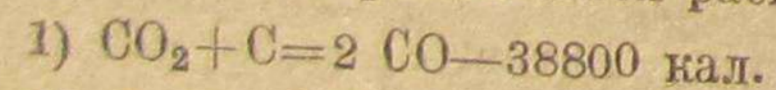
5. В пятом слое, находящемся в плоскости фурм, происходит полное горение части угля и парообразных продуктов, идущих сверху за счет кислорода воздуха, с образованием  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , и раскаленного угля.

6. В последнем слое внизу газогенератора в топке происходит восстановление углекислоты в окись углерода и разложение не успевших сгореть в пятом слое парообразных продуктов обугливания древесины (смолистых веществ, спиртов, кислот, паров воды и т. д.) при соприкосновении с раскаленным углем с образованием неконденсирующихся горючих газов.

Таким образом основной газогенераторный процесс состоит из следующих 3-х реакций. В пятом слое загруженных в газогенератор дров углерод сначала сгорает в  $\text{CO}_2$  по реакции:



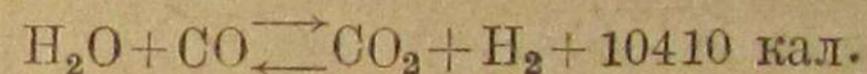
В шестом слое внизу газогенератора получающаяся углекислота и пары воды разлагаются раскаленным углем по реакции:



Следовательно, все три реакции идут с поглощением тепла, получаемого от сгорания части топлива до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

Поэтому, согласно правила Le—Chatelier, чем выше температура в основной зоне газогенераторного процесса, тем больше будет разлагаться  $\text{CO}_2$  и больше восстанавливаться водяных паров. Скорость первой реакции значительно больше, чем скорости второй и третьей реакции. При температуре  $900^\circ \text{C}$  и выше разложение водяных паров идет главным образом по второй реакции, а ниже по третьей. Поэтому, чтобы получить газ с большей теплотворной способностью, температура в газогенераторе должна быть  $1000^\circ \text{C}$  и выше, т. к. при этих температурах, реакция идет главным образом по второму уравнению. Однако в нашем случае, как будет видно из дальнейшего, состав генераторного газа получился значительно выше теоретического, отвечающего равновесному состоянию, т. к. скорость разложения паров воды и углекислоты сильно разбавленных азотом, вследствие малого времени соприкосновения их с раскаленным углем, незначительна.

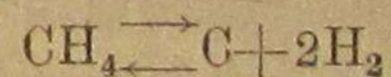
2-я и 3-я реакции практически идут одновременно, и как показывает опыт, невозможно получить газ, состоящий только из  $\text{CO}$  и  $\text{H}_2$ , всегда газ получается содержанием одновременно  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Это объясняется тем, что между этими газами существует равновесие, выражаемое следующим уравнением:



По правилу Le-Chatelier с повышением температуры равновесие этой обратимой химической реакции передвигается в сторону поглощения тепла, т. е. влево, а при понижении т-ры вправо.

В результате процесса разложения древесины образуются тяжелые углеводороды и другие органические соединения, которые проходя через зону горения топлива претерпевают изменения с образованием  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_4$ .

Поэтому, кроме вышеприведенных реакций, имеет место следующая реакция:



При повышении т-ры равновесие сдвигается вправо. При т-ре выше  $1000^\circ \text{C}$ , равновесие сильно сдвигается вправо так, что метан при этой т-ре почти нацело распадается на  $\text{H}_2$  и  $\text{C}$ . Но так как скорость реакции разложения  $\text{CH}_4$  очень мала, а в нашем случае время соприкосновения газовой среды с раскаленным углем незначительно, то практически равновесия этой реакции не достигается и, как показывает анализ, содержание  $\text{CH}_4$  в газе в среднем доходит до 6, 5 проц.



## Краткое описание газогенератора Берлие

Газогенераторная установка конструкции Имбер-де-Дитриха состоит из газогенератора, очистителя, смесителя, для впуска газа в мотор и вентилятора для зажигания.

Газогенератор представляет из себя пустотелый цилиндр длиной 1530 мм, наружным диаметром 600 мм и внутренним 540 мм и состоит из 3-х частей: топки, имеющей форму усеченного конуса, из приемника-зольника и загрузочной камеры, содержащей запас дров.

Все три части газогенератора изготовлены из стальных листов, толщиной 2 мм, без огнеупорной обкладки или обмуровки.

Очаг представляет металлическую отливку, в котором проходит кольцевая труба эллипсоидального сечения для подвода воздуха в зону горения. Труба имеет восемь фурм, диаметром 10 мм, направленных к центру установки, из которых 4 фурмы имеют небольшой наклон вверх, чтобы повысить зону сухой перегонки дров.

Ниже зоны горения на 285 мм расположена колосниковая решетка, слегка вогнутой поверхностью, состоящая из круглых прутьев диаметров 10 мм. Площадь колосниковой решетки равна 0,204 м<sup>2</sup>.

Шахта газогенератора имеет полезную емкость 0,25 куб. метра, при чем обычно загружается дров около 0,20 куб. метров и 0,005 куб. метра древесного угля.

Получающийся в газогенераторе газ поступает затем по газопроводам в газоочистители. Они состоят из пяти одинаковой формы ящиков, прямоугольного сечения, выполненных из листового железа и соединенных между собой последовательно. В четырех последующих очистителях имеется ряд решеток, расположенных и укрепленных на 4-х направляющих железных прутьях, на некотором расстоянии одна от другой. Газ, проходя через систему решеток зигзагообразно, освобождается от механических примесей. Оба конца камеры очистителя устроены так, что можно вынуть все пластины сразу. Когда трактор работает, концы камер газоочистителя закрыты герметично дверками. Скопившаяся жидкость спускается через особые краны периодически.

Первые два газоочистителя имеют размеры  $152 \times 26 \times 15 = 0,059$  куб. метра, общий объем равен 0,118 куб. метра, а остальные три имеют размеры:  $164 \times 26 \times 15 = 0,064$ , общим объемом 0,192 куб. метра. Все газоочистители имеют объем  $0,118 + 0,192 = 0,31$  куб. метра.

Газ по выходе из газоочистителей и после добавления надлежащего количества воздуха для получения взрывчатой смеси, поступает в мотор. Добавление нужного количества воздуха производится в особом аппарате, называемом смесителем, заменяющим карбюратор у бензиновых двигателей. Смеситель представляет из себя небольшой отрезок трубы, на котором вращается кольцевой золотник, с прорезами, на трубе ему соответствуют точно такие же прорезы. После золотника в трубе имеется заслонка, регулирующая подачу в мотор различных количеств взрывчатой смеси.

Газ из газогенератора, проходя газоочистители, поступает в мотор по газопроводам - трубам диаметром 50 мм (2 дюйма). Общая длина всех газопроводов равна 9,5 метра.

## Метод испытания в лаборатории

Опыты производились с сырыми и сухими березовыми дровами. Всего было проведено пять испытаний: на березовой древесине сухой, влажной, в смеси с древесным углем, на дубе и березовом выстиле (полуобуглившаяся древесина).

Древесина предварительно разделялась на кусочки размерами  $40 \times 40 \times 60$  мм. Сначала в газогенератор для разжигания загружался до уровня нижних фланцев горна древесный уголь, а затем газогенератор постепенно наполнялся кусками древесины. При загрузке уголь и древесина взвешивались, брались в банки с притертыми пробками и средние пробы для определения в них влажности и элементарного состава.

После наполнения газогенератора все смотровые люки на нем и спускные краны на газоочистителях закрывались. Доступ газа в двигатель исключается и открывается кран на выпускной трубе вентилятора. Вентилятор приводится во вращение от руки, причем вращать его приходится до тех пор, пока не получится газ нужного качества. Зажигается тряпка, смоченная керосином, и подносится к смотровому отверстию, находящемуся против фурм. Если процесс горения в топке начался, то из трубы для отвода газов через вентилятор наружу видно небольшое выделение дыма. Через 3 — 5 минут после зажигания проверяется качество газа зажиганием его при выходе из вентилятора через пробный кран. Газ считается хорошим, если он горит непрерывно, давая бледно-синее пламя. После этого вращение вентилятора прекращается и газ пускается в двигатель.

Во все время работы газогенератора брались периодически средние пробы газов в аспираторы Коро с соблюдением всех мер



предосторожности, против избежания попадания в газ воздуха. Вода во всех приемных сосудах предварительно была насыщена поваренной солью, подкислена соляной кислотой и насыщена газами.

Полный анализ газов производился на аппарате «Норзе». Определялась температура в основной зоне газификации при помощи оптического пирометра и никкеле-никкель-хромовой термопары через смотровое отверстие, температура при выходе газа из газогенератора, перед смесителем и продуктов горения, идущих из мотора. Одновременно регистрировалась температура и давление в помещении.

Для определения количеств получающегося газа в газопроводе между смесителем и очистителями была установлена сделанная по специальному заказу дрезсельная шайба. Измерение перепада давления производилось микронометром «Креля». Надо отметить, что изменения количества протекающего газа, вследствие изменения работы двигателя, весьма чувствительно отмечалась шайбой, поэтому приходилось очень часто регистрировать время и перепад давления. Кроме того, подсчет количества полученного газа за весь период газификации был произведен на основании данных анализа древесины и угля, поступивших на газификацию и полученных продуктов (угля, смолы, подсмольной воды, и среднего анализа газов с учетом времени действия газогенератора.

После окончания процесса газификации и охлаждения газогенератора оставшийся уголь и зола выгребались, взвешивались и бралась из них средняя проба для определения элементарного состава. Газоочистители разбирались, вся сконденсировавшаяся в них жидкость собиралась в баллоны, взвешивалась и бралась из нее средняя проба для определения в жидкости смолы уксусной кислоты и воды. Производился элементарный анализ смолы и подсмольной воды. Одновременно с взятием для анализа проб газов производилось определение количества смолистых веществ, пыли и влаги в газах прошедших газоочистители следующим способом: через стеклянную трубку наполненную стеклянной ватой и образную трубку с хлористым кальцием, которые предварительно взвешивались, забирался из газопровода после очистителей в градуированные цилиндры, газ в количестве около 50-60 литр. Трубка со стеклянной ватой служила для выделения из газа смолистых веществ и пыли, образная трубка для поглощения из газа паровлаги. Забор газа прекращался после того, как половина ваты в трубке потемнеет. Отсутствие потемнения хлористого кальция в образной трубке указывало

на полное извлечение смолистых веществ в первой трубке. После этого обе трубки взвешивались и по разности определялся привес смолистых веществ и влаги, а затем проц. содержания в 1 км. генераторного газа.

Определение элементарного состава древесины, угля, смолы и уксуса производилось в печи Гереус.

Теплотворная способность древесины, угля, смолы и уксуса определялась по формуле Менделеева  $Q_{\text{низ}} = 81C + 246H - 260 - w6$ , а теплотворная способность газов по формуле

$$Q_{\text{низ}} = 3039 CO + 8603 CH_4 + 2579 H_2^1)$$

## Результаты лабораторного исследования

*Горючее—дуб:* Взято для газификации древесины 76,9 кг.

Взято для разжига древесного угля 3 кг.

Газ в газогенераторе получился через 15 минут.

Первоначальный перевод двигателя с бензина на газ не был затруднительным, для этого потребовалось всего 3—4 минуты времени; однако, отрегулировать мотор удалось только через 20 минут. Двигатель работал на газе 5 ч. 10 мин., после чего он остановился, т. к. перестал работать шток всасывающего клапана у первого цилиндра. При разборке и осмотре мотора, оказалось, что всасывающие клапаны у всех цилиндров были покрыты налетом смолы весьма густой консистенции. На стенках верхней крышки образовался слой смолы толщиной 1 мм.

После разгрузки газогенератора осталось горючего 9,5 кгр.

Состав, количество и теплотворная способность газов в зависимости от времени работы газогенератора приведены в таблице № 1.

Т-ра газов перед смесителем в табл. II, температура отходящих из газогенератора газов приведена в табл. III, а продуктов горения в табл. IV. (См. таблицу IV на стр. 18).

Температура воды в радиаторе за все время процесса газификации колебалась от 80 до 86°—Ц. Температура в зоне газификации от 1100 до 1275° Ц.

Ср. температура подогрева воздуха 90° Ц.

<sup>1)</sup> Eisen hütte 1930 г. Стр. 312



Таблица I

Опыт на дубовых дровах с влажностью 15,5 %

№№ взят. проб	Низшая теплотворн. способн. газа сред. состава	Состав газа					
		CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
1	732,98	12,6	13,60	2,33	5,33	1,20	64,96
2	1008,84	14,3	13,20	4,00	10,22	0,80	57,78
3	1321,19	13,20	16,20	6,00	12,90	0,60	51,10
4	949,75	12,30	16,80	3,00	7,10	0,50	60,30
5	1520,27	16,0	12,10	9,50	13,03	0,30	49,07
6	1521,56	12,0	16,50	7,33	15,10	0,50	48,57
7	1393,63	14,40	13,00	7,74	12,90	1,00	50,96
8	1378,25	12,40	14,80	7,33	11,55	0,80	53,12
9	1464,03	11,00	15,20	8,00	12,17	1,00	52,68
Средний состав газов 1337,19		13,24	14,55	6,55	11,85	0,73	52,77

Низшая теплотворная способность 1 куб. метра газа среднего состава 1337 калорий.

Таблица II

Изменения температуры газов пред смесителем

Время	1-й	2-й	3-й	4-й	5
0	19	19	19	19	19
0,5 ч.	33	19	50	25	40
1 »	35	22	48	35	43
2 »	38	36	43	45	49
3 »	42	38	39	44	49
4 »	39	39	34	40	50
5 »	37	—	34	40	44

Время	1-й	2-й	3-й	4-й	5
6 ч.	36	—	33	39,5	42
7 »	35	—	—	—	40
8 »	—	—	—	—	35
8 ч. 30 м.	—	—	—	—	33
Средняя т-ра . . .	—	—	—	—	—

Таблица III

Изменения температуры газов при выходе из газогенератора

Время	1-й	2-й	3-й	4-й	5
0 ч.	19	19	19	19	0
0,5 »	95	105	172	82	56
1 »	113	112	161	110	85
2 »	134	125	160	104	105
3 »	139	130	166	112	122
4 »	142	137	187	116	126
»	146	—	217	116	130
6 »	150	—	222	114	130
7 »	—	—	—	—	127
8 »	—	—	—	—	126
8 ч. 30 м.	—	—	—	—	33
Средняя т-ра 130	—	—	—	—	110

Горючее—березовый копытник. Загружено копытника 52 кгг-н древесного угля 3 кг. Содержание в копытнике влаги 5 проц. в угле 3,5 проц.



Газ в газогенераторе получен через 15 м. Перевод работы двигателя на газ с регулировкой был произведен в течение 5 мин. Нормально двигатель работал 3 ч. 30 мин., затем начал работать с перебоями и потребовалась регулируемая подача газа. Через 30 мин. двигатель остановился, т. к. всасывающие клапаны второго и третьего цилиндра отказались работать. При разборке двигателя оказалось, что они настолько засмолились, что от руки вынуть их не представлялось возможным. Несколько в меньшей степени засмолились клапаны 1-го и 4-го цилиндров. Что же касается выхлопных клапанов, то они работали нормально, т. к. засмоления их не происходило. Головки цилиндров и стенки верхней крышки трактора были покрыты слоем смолы.

После разгрузки газогенератора и очистки смолоуловителей оказалось: угля 4,75 кг. и древесины не обуглившейся 21,85 кг., жидкости 3,45 кг.

Состав, количество и теплотворная способность газов приведены в таблице V.

Таблица V

Опыт на березовом копытнике шварцевских печей с влажностью 7,5%

№. № взят. проб.	Низшая теплотворн. способн. 1 куб. м. газа	Состав газа					
		CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N
1	725,798	12,00	12,20	1,33	9,33	0,80	64,34
2	1168,95	12,00	16,20	2,67	17,33	1,00	50,80
3	1469,12	9,40	20,80	6,00	12,44	0,60	50,76
4	1489,93	8,40	18,00	7,33	12,11	0,60	53,56
5	1575,55	10,30	19,40	7,33	13,78	0,90	48,29
6	1521,50	10,25	18,60	6,90	14,10	0,95	49,20
Средний состав газов		10,00	18,78	6,50	13,40	0,82	50,50

Низшая теплотворная способность 1 куб. метра газа среднего состава 1475,5 кал.

Горючее-сырая береза в смеси с древесным углем. Загружено в газогенератор березовой древесины 48 кг. в смеси с 10 кг. древесного угля и дополнительно взято для разжига 2 кг. древесного угля.

Содержание влаги: в дровах 32,5 проц., в угле для газификации 6,50 проц., в угле для разжига 6,3 проц.

Газ получился через 35 минут. Перевод работы двигателя с бензина на газ был затруднительным и лишь через 20 мин. удалось двигатель отрегулировать и он стал работать нормально. Во время работы двигатель несколько раз останавливался для того, чтобы выяснить возможность начала пуска его на газе; оказалось, что двигатель на газе заводился так же хорошо, как и на бензине.

При разборке двигателя оказалось полное отсутствие на всасывающих клапанах, на головках цилиндра и крышке налета смолистых веществ.

После окончания опыта, очистка газогенератора и газоочистителей оказалась:

угольной мелочи с золой 6,2 кг.

жидкости собрано 6,35 кг.

Состав газа в зависимости от времени действия газогенератора приведен в табл. VI.

Табл. VI

Опыт на сырых дровах в смеси с древесным углем с влажностью 32,5% — в дровах 6,5% — в угле.

№. № взят. проб.	Низшая теплотв. способн. 1 куб. м. газа	Состав газа					
		CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N
1	839,17	14,8	11,0	2,67	10,67	0,6	60,26
2	1046,17	12,9	13,4	3,38	13,50	0,30	56,52
3	1339,09	12,0	16,6	4,00	18,67	0,40	48,23
4	1305,35	13,6	14,6	4,32	19,00	0,40	48,08
5	1347,98	13,0	16,2	4,70	17,50	0,70	47,90
6	1212,92	13,0	15,8	5,16	11,20	0,40	55,44
Средний состав газов		12,60	15,65	4,56	14,90	0,49	51,70

Низшая теплотворная способность 1 куб. метра газа среднего состава 1252 кал.

Температуры отходящих газов из газогенератора, из очистителей и из двигателя продуктов горения приведены в таблицах II, III и IV.



Температура подогрева воздуха от 95 до 140° Ц.

Температура циркулирующей воды в радиаторе за все время процесса газификации колебалась от 79 до 85° Ц.

Из таблицы II видно, что средняя температура газов перед смесителем зависит от качества употребляемого для газификации топлива и чем больше в дровах содержится влажности, тем выше температура газов перед смесителем. Особенно резкое повышение температуры наблюдается в начале работы газогенератора, когда происходит предварительная сушка дерева, затем температура начинает постепенно падать. Это, по видимому, можно объяснить тем, что при газификации сырых дров в первый период работы газогенератора происходит усиленное выделение влаги, которая, конденсируясь в газоочистителях, нагревает их. При работе газогенератора на тракторе конденсация парообразных веществ в газоочистителях происходит только в первый момент работы газогенератора и то в очень малом количестве. В этом случае главная часть водяных паров и почти полностью смолистые вещества разлагаются в основной зоне газогенераторного процесса.

Этим же обстоятельством можно объяснить, что температура отходящих из газогенератора газов, как это видно из табл. III, при газификации, вследствие повышенной температуры в основной зоне газогенераторного процесса сухих дров, выше, чем при газификации сырых.

Таблица IV — температуры отходящих продуктов горения

	Температура в гр. Цельсия				
	1	2	3	4	5
0	19	19	19	19	0
0,5 ч.	408	450	522	420	390
1 "	455	467	531	417	392
2 "	465	455	486	402	425
3 "	414	441	495	411	440
4 "	418	—	460	398	450
5 "	422	—	476	415	430
6 "	426	—	482	417	425

Температура в гр. Цельсия

	1	2	3	4	5
7 ч.	—	—	—	—	455
8 "	—	—	—	—	435
8 ч. 30	—	—	—	—	445
Средняя температура циркулирующей воды . . .	81	82	83	82	80
Температура в зоне газифик.	1280	1420	1350	1220	1080

## Материальный и тепловой баланс газогенератора

Опыт работы газогенератора на сухих березовых дровах с содержанием влажности 11,5 проц. Загружено в газогенератор дров 62 кг.

Тоже угля 2 кг.

Содержание золы в древесине 0,98 проц.

» золы в угле . . . 1,11 проц.

» влаги » . . . 7 проц.

Газ был получен через 40 м. Для перевода работы двигателя с бензина на газ и для отрегулирования работы его потребовалось всего три минуты. Двигатель работал нормально, без перебоев во все время действия газогенератора. После окончания испытания при разборке двигателя оказалось, что штоки клапанов, а также стенки верхней крышки были покрыты незначительным слоем смолистого налета, головки цилиндров были чисты. Температура газов при выходе из газогенератора, из газоочистителей и температура продуктов горения приведены в таблицах II, III и IV.

### Элементарный состав древесины

Абсолютно сухой органической массы	С влажностью 11,5%
C = 49,5%	43,32
H <sub>2</sub> = 6,1 »	5,34
O <sub>2</sub> = 44,4 »	38,86
Золы . . . . .	0,98
Влаги . . . . .	11,50
100%	100%



Поступило на газификацию древесины, считая на сухую органическую массу.

$$62 - \frac{62(11,5 + 0,98)}{100} = 54,62 \text{ кг.}$$

В весовых единицах

Древесины	Угля
$C = \frac{54,26 \times 49,5}{100} = 29,85 \text{ кг.}$	$C = 1,58$
$H_2 = \frac{54,26 \times 6,1}{100} = 3,31 \text{ кг.}$	$H_2 = 0,069$
$O_2 = \frac{54,26 \times 44,4}{100} = 24,09$	$O_2 = 0,327$
54,26 кг.	1,976 кг.

Продукты газификации

Сконденсировалось в газоочистителях:  
Жидкости 10,5 кг.

Состав ее: воды	87 %
смолы	8,5 »
уксуса	4,5 »
	100 »

В весовых единицах:

$$\text{Смолы} = \frac{12,11 \times 8,5}{100} = 1,02$$

$$\text{Уксуса} = \frac{12,11 \times 4,5}{100} = 0,54$$

$$\text{Воды} = \frac{12,11 \times 87}{100} = \frac{10,55 \text{ кг}}{12,11 \text{ кг}}$$

После очистки газогенератора получилось:

Угля . . . . . 4,825 кг

Содержание золы в нем . . . 0,634 »

Следовательно сухой органической массы угля 4,191 кг.

Элементарный состав

Смолы	Уксуса	Угля
$C = 59,2$	44,5	80,46
$H_2 = 6,1$	9,35	1,47
$O_2 = 34,7$	46,15	4,87
Золы —	—	13,20
100%	100%	100%

В весовых единицах;

Смолы	Уксуса
$C = \frac{1,02 \times 59,2}{100} = 0,61 \text{ кг.}$	$\frac{0,54 \times 44,5}{100} = 0,24 \text{ кг.}$

Угля
$\frac{4,191 \times 92,7}{100} = 3,885 \text{ кг}$

Смолы	Уксуса
$H_2 = \frac{1,02 \times 6,1}{100} = 0,06 \text{ кг.}$	$\frac{0,54 \times 44,5}{100} = 0,05 \text{ кг}$

Угля
$\frac{4,191 \times 1,69}{100} = 0,071 \text{ кг}$

Смолы	Уксуса
$O_2 = \frac{1,02 \times 37,7}{100} = 0,35 \text{ кг.}$	$\frac{0,54 \times 46,15}{100} = 0,23 \text{ кг}$
1,02 кг	0,54 кг

Угля
$\frac{4,191 \times 5,61}{100} = 0,235 \text{ кг}$
4,191 кг

Состав газов в зависимости времени действия газогенератора приведен в таблице VII.

Таблица VII.

Опыт на березовых дровах с влажностью 11,50%

№ № взят. проб.	Низшая теплотворн. способн. газов (1 к. м)	Состав газа					
		CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N
1	1133,0	14,50	13,65	6,09	7,61	0,75	50,90
2	1428,05	10,90	19,35	4,09	15,05	0,65	50,46
3	1310,38	9,85	18,55	3,51	17,32	0,75	50,02
4	1423,68	13,10	18,85	5,05	14,59	1,04	47,01
5	1445,09	12,75	19,15	6,21	12,76	2,55	44,58
6	1526,95	11,00	19,70	5,90	14,77	2,50	46,13
7	1182,53	8,80	8,80	5,63	16,71	1,85	49,50
Средний состав газов		10,60	18,30	5,25	15,10	1,61	49,14
Общее колич. газов		—	—	—	—	—	—



Низшая теплотворная способность 1 куб. метра газа среднего состава 1394 калорий.

Температура окружающего воздуха 19° Ц.

Влажность по психометру августа:

Сухой термометр . . . 19° Ц.

Мокрый . . . . . 16° Ц.

Психометрическая разность . 3° Ц.

При этой разности абсолютная влажность на 1 м<sup>3</sup> сухого воздуха = 12,9 гр/м<sup>3</sup>

### Определение количества генераторного газа

Количество получающегося газа определяется при помощи дрексельной шайбы по перепаду давления и путем расчета на основании среднего анализа газов, при этом разница получилась незначительная, около 8%, поэтому материальный и тепловой баланс газогенератора составлен на основании полученных данных, путем расчета по следующему способу,

Поступило углерода на газификацию:

$$26,86 \text{ кг} + 1,58 - 3,885 \text{ кг} + 0,61 + 0,24 = 23,705 \text{ кг}$$

В дровах + угле + остав. угле + смоле уксусе

В 1 кубометре газа содержится углерода:

$$\frac{(10,60 + 18,30 + 5,25)}{100 \times 22,4} \times 12 = 0,1826 \text{ кг}$$

По опыту найдено, что в среднем 1 кубометр газогенераторного газа, покидая газоочистители, уносит смолистых веществ 0,6 гр., содержание углерода в которых  $0,6 \times 0,592 = 0,0035$  кг.

Всего углерода содержится в 1 м<sup>3</sup>

Генераторного газа  $0,1826 + 0,0025 = 0,1861$  кг.

Таким образом генераторного газа получилось  $\frac{23,705}{0,1861} = 127,7 \text{ м}^3$ .

Содержание углерода в газе  $127,7 \times 0,1861 = 23,75$  кг.

В 127,7 куб. метра газа содержится азота:  $127,7 \times 0,4914 = 62,5 \text{ м}^3$ , или  $62,5 \times \frac{28}{22,4} = 78$  кг.

Поступило воздуха на газификацию:  $62,5 \times \frac{100}{79} = 79,2 \text{ м}^3$

Поступило кислорода с воздухом:  $79,2 - 62,5 = 16,7 \text{ м}^3$  или на 1 кг абсолютно сухих дров 1,5 куб. м. воздуха.

С воздухом подводится влаги:  $79,2 \times 0,0129 = 1,02$  кг.

С топливом вводится в газогенератор влаги:

$$7,13 + 0,15 = 7,28 \text{ кг.}$$

дрова уголь

Общее количество влаги — 8,30 кг.

Процент разложения водяных паров влажности найдем следующим образом: в 100 куб. метр. генераторного газа содержится водорода 15,10% 1 куб. м. водорода весит 0,09 кг. Следовательно, свободный водород в 127,7 куб. метр. газа ве-

сит:  $\frac{127,7 \times 15,1 \times 0,09}{100} = 1,73 \text{ кг.}$

Связанный водород в 1 куб. метр. метана весит 0,18 кг.

Водорода в метане в 127,7 м<sup>3</sup> газа имеем  $\frac{127,7 \times 5,25 \times 0,18}{100} =$

$= 1,2 \text{ кг.}$

Всего водорода в газе:  $1,73 + 1,2 = 2,93 \text{ кг.}$

В газе, поступающем из газогенератора содержится влаги:

1) Замерено с жижкой 8,94 кг.

2) Улетело с газами — 7 кг.

Потеря с газами определялась опытом по ранее указанному способу, при чем оказалось, что в 1 куб. м. сухого газогенераторного газа содержится влаги 0,00548 кг.

Потерю влаги с газами можно определить путем расчета следующим образом. Средняя температура газов при выходе из газоочистителей 35° Ц.

Давление в конце последнего очистителя 665 мм ртутного столба.

Парциальное давление водяных паров при 36° Ц. = 41,85 мм ртутного столба.

Парциальное давление сухих газов:  $665 - 41,85 = 623,15$  мм ртутного столба.

Следовательно, объем водяных паров к объему сухого газа относится как 41,85 : 623,15.

Отсюда следует, что в 127,7 куб. метр. сухого генераторного газа содержится водяных паров:

$$\frac{41,85 \times 127,7 \times 18}{623,15 \times 22,4} = 7,77 \text{ кг.}$$

Следовательно средняя относительная влажность генераторного газа получается равной  $\frac{7 \times 100}{7,77} = 90\%$

Надо, конечно, отметить, что относительная влажность генераторного газа в зависимости от времени действия газогенератора изменяется, в начале процесса газификации газы ух-



дят из очистителей при 100% относительной влажности, а в конце, когда древесина в газогенераторе уже подсохнет, относительная влажность уменьшается.

Общее количество влаги:

$$7 + 10,55 = 17,55 \text{ кг.}$$

Поступило в газогенератор с топливом 8,3 кг.

$$\text{Разница } 17,55 - 8,3 = 9,25 \text{ кг}$$

Эта разница показывает, что в нашем случае диссоциация водяных паров отсутствует. Больше того, часть водорода сгорает в воду, а именно  $\frac{9,25}{9} = 1,03 \text{ кг.}$

Кислорода потребовавшегося для сжигания 1,03 кг водорода  $9,35 - 1,03 = 8,22 \text{ кг.}$

В газе находится кислорода связанного:

$$\left(\frac{18,30}{2} + 10,6\right) \frac{127,7}{100} \times \frac{32}{22,4} = 36 \text{ кг}$$

$$\text{Кислорода свободного: } \frac{1,61 \times 127,7 \times 32}{100 \times 22,4} = 2,95 \text{ кг.}$$

Всего кислорода в газе:  $36 + 2,95 = 38,95 \text{ кг.}$

$$\text{С воздухом поступило кислорода: } \frac{79,20 \times 32 \times 0,21}{22,4} = 23,75 \text{ кг.}$$

С топливом поступило кислорода:

с дровами 24,09 кг.

с углем 0,327 »

$$\underline{24,217 \text{ кг.}}$$

Содержание кислорода в уксусе 0,25 кг

в смоле 0,35 кг

в угле 0,235 кг

Кислорода, долженствующего идти на горение части водорода топлива в воду составит:

$$23,75 + 24,417 - 0,6 - 0,235 - 38,95 = 8,382 \text{ кг.}$$

В нашем же случае по водяному балансу получилось 8,22 кг

$$\text{Следовательно, \% навязки по кислороду } \left(\frac{8,322 - 8,22}{8,382}\right) 100 = 2\%$$

Что удовлетворяет практическим целям и что получившаяся избыточная вода по водяному балансу есть действительно результат сгорания части водорода топлива в воду, т. к. кислородный баланс дает почти теоретическое соотношение между кислородом и водородом образовавшейся воды, т. е.  $\frac{8}{1}$  отличаясь всего на 2%.

### Материальный баланс

	C	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Влага	Зола
<b>Приход</b>						
Дрова . . . . .	26,86	3,31	24,09	—	7,13	0,6
Уголь . . . . .	1,58	0,069	0,327	—	0,15	0,024
Воздух . . . . .	—	—	23,75	78	1,02	—
Итого в приходе . . . . .	28,44	3,379	48,167	78	8,30	0,624
<b>Расход</b>						
При газификации перешло в смолу . . . . .	0,61	0,06	0,35	—	—	—
В летучую смолу . . . . .	0,045	0,005	0,027	—	—	—
В уксус . . . . .	0,24	0,05	0,25	—	—	—
В уголь и золу . . . . .	3,885	0,071	0,235	—	—	0,634
Газы . . . . .	23,765	2,930	38,95	78	8,30	—
Влага, получившаяся в результате сгорания топлива . . . . .	—	1,03	8,22	—	—	—
Итого в расходе . . . . .	28,500	4,141	48,005	78,0	8,30	0,634
Невязка в кг . . . . .	0,015	0,767	0,135	—	—	0,01

### Тепловой баланс

Приход тепла.

1. Низшая теплотворная способность дров

$$Q_{\text{низ}} = 62 \times 3743 = 232066 \text{ кал.}$$

2. Низшая теплотворная способность угля:

$$Q_{\text{низ}} = 2,15 \times 6330 = 13610 \text{ кал.}$$

3. Теплосодержание влажной древесины при 19° Ц

$$Q = 62 \times C_p \times 19 = 515 \text{ кал.}$$

где  $C_p$  средняя теплоемкость влажной древесины =  $C_p = 0,366 +$

$$+ \frac{P}{100} (1 - 0,366) = 0,473$$

$$= P \% \text{ влажности} = 11,50$$



4. Теплосодержание угля при 19° Ц

$$Q = 2,15 \left[ 0,238 + \frac{7}{100} (1 - 0,238) \right] 19 = 13 \text{ кал.}$$

5. Теплосодержание воздуха, поступающего в газогенератор при 72° Ц.

$$Q = 79,2 \times 0,312 \times 72 = 1780 \text{ кал.}$$

6. Теплосодержание влаги в воздухе при 72° Ц

$$Q = 1,02 \times 0,47 \times 72 = 36 \text{ кал.}$$

Итого прихода 252 854

### Расход теплоты

1. Низшая теплотворная способность газа

$$Q_{\text{низ}} = 127,7 \times 1394 = 178010 \text{ кал.}$$

2. Низшая теплотворная способность оставшегося после работы газогенератора угля: и угля с золою, в которой в зольник перешло угля около 50%.

$$Q_{\text{низ}} = 4,825 \times 6752 = 32600 \text{ кал.}$$

3. Низшая теплотворная способность смолы

$$Q_{\text{низ}} = 1,097 \times 5395 = 5920 \text{ кал.}$$

4. Низшая теплотворная способность уксуса

$$Q_{\text{низ}} = 0,5 \times 4704 = 2350 \text{ кал.}$$

5. Средняя температура генераторного газа при выходе его из генератора 130° Ц.

$$\begin{aligned} &\text{Средняя теплоемкость 1 куб. метра сухого генераторного} \\ &\text{газа } CO_2 Cp + CO Cp + CH_4 Cp + H_2 Cp + O_2 Cp + N_2 Cp = Cp = \\ &= 0,106 \times 0,4083 + 0,183 \times 0,3 + 0,052 \times 0,466 + 0,0151 \times \\ &\times 0,3 + 0,016 \times 0,309 + 0,4914 \times 0,3 = 0,320 \text{ кал/м}^3 \\ &= 127,7 \times 0,320 \times 130 = 5300 \text{ кал.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &6. \text{ Теплосодержание парообразных продуктов газификации} \\ &Q_6 = H_2O (t + \rho + Cpt) + \text{Смола } (Cpt + \rho + Cpt) + \text{Уксус } (tcr + \\ &+ \rho + Cpt) = 17,55 (100 + 537 + 0,475 \times 30) + 1,097 (130 \times 0,4 + \\ &+ 100) + 0,5 (0,5 \times 100 + 85 + 0,54 \times 30) = 11600 \text{ кал.} \end{aligned}$$

Состав уксуса принят для простоты подсчета за уксусную кислоту.

7. Теплосодержание оставшегося угля

$$Q = 4,825 \times 0,238 \times 1200 = 13800 \text{ кал.}$$

8. Вес газогенератора 190 кг

Теплоемкость железа 0,167

Средняя температура, до которой газогенератор нагревается 220° Ц.

Теплосодержание газогенератора:

$$Q = 190 \times 0,167 \times (220 - 20) = \frac{6350 \text{ кал.}}{243510 \text{ кал.}}$$

По разности определяем потерю теплоты через стенки газогенератора наружу:

$$252854 - 243510 = 9344 \text{ кал.}$$

Итого расхода 252854 кал.

Коэффициент полезного действия газогенератора при работе газогенератора на березовых дровах с влажностью 11,5% считая на сухой газ

$$\eta = \frac{178010 + 16300}{245676} = 79\%$$

### Опыт работы газогенератора на сырых березовых дровах с содержанием влаги 32%

Загружено дров . . . . .	65 кг
Угля . . . . .	3 кг
Содержание в дровах влаги . . . . .	32%
в угле . . . . .	3,52
Содержание золы в дровах . . . . .	0,97%
в угле . . . . .	1,35%

Двигатель был пущен в работу через час после начала розжига газогенератора и во все время действия газогенератора работал он нормально.

При осмотре двигателя после его разборки оказалось — штоки клапанов, на головках цилиндров и в камере сжатия почти отсутствует налет смолистых веществ, во время процесса газификации выделялось большое количество воды, которая даже проникла в расширитель перед смесителем.

Состав древесины абс. сухой органич. массы	Влажной	Угля
C = 48,90	32,78	86,64
H <sub>2</sub> = 6,16	4,13	2,99
O <sub>2</sub> = 44,94	30,12	5,50
Золы —	0,97	1,35
Влаги —	32 %	3,52
100%	100%	100%



В весовых единицах:

Древесины:	Угля:
C = 21,30	2,694
H <sub>2</sub> = 2,68	0,093
O <sub>2</sub> = 19,58	0,171
Влаги 20,8	0,106
Зола 0,64	0,042
<hr/>	<hr/>
65 к.	3,52

**Продукты газификации**

Сконденсировалось в газоочистителях жидкости 19 кг

Состав жижки:

Воды . . . . .	89%
Смолы . . . . .	7,86
Уксуса . . . . .	3,14
<hr/>	<hr/>
	100%

В весовых единицах:

Воды	$\frac{21,35 \times 89}{100} = 19 \text{ кг}$
Смолы	$\frac{21,35 \times 1,14}{100} = 1,68$
Уксуса	$\frac{21,35 \times 3,14}{100} = \frac{0,67 \text{ кг}}{21,35 \text{ кг}}$

После очистки газогенератора получилось угля 5 кг.

**Элементарный состав:**

Смолы	Уксуса	Угля
C — 57,65	46,30	92,34
H <sub>2</sub> — 5,45	8,75	1,68
O <sub>2</sub> — 36,90	44,95	4,68
Зола —	—	1,3
<hr/>	<hr/>	<hr/>
100	100	100

В весовых единицах:

Смола	Уксус	Уголь
C — 0,97	0,31	4,625
H <sub>2</sub> — 0,09	0,059	0,08
O <sub>2</sub> — 0,62	0,301	0,23
Зола —	—	0,065
<hr/>	<hr/>	<hr/>
1,68	0,67	5 кг

Состав газов в зависимости от времени действия газогенератора приведен в табл. VIII.

Табл. VIII

**Опыт на березовых дровах с влажностью 32%**

№№ взят. проб.	Через ск. мн. были замеры	Низшая теплотворн. способн. 1 куб. м. газа	Состав газа						
			CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N	
1	15	1017,39	13,0	16,1	3,00	10,47	1,1	56,30	
2	20	1028,67	15,0	13,9	3,00	13,50	1,1	53,30	
3	40	1044,03	15,0	13,6	2,67	15,55	1,4	51,78	
4	45	1131,79	16,4	16,0	2,67	16,90	2,2	55,83	
5	90	1091,21	14,0	16,4	2,40	15,00	1,4	50,80	
6	60	991,89	12,0	16,0	2,67	10,70	2,4	56,23	
7	40	1086,20	11,6	15,8	2,67	14,67	2,6	52,66	
Средн. сост. газов			—	—	—	—	—	—	
Общее колич. газов			1	3	15,15	2,65	14,0	1,87	53,0

Низшая теплотворная способность 1 куб. метра газов среднего состава 1050 калорий.

Температура окружающего воздуха 19° Ц.

Абсолютная влажность на 1 м<sup>3</sup> сухого воздуха 12,9 кг.

**Определение количества генераторного газа**

Всего углерода поступило на газификацию:

$$21,30 + 2,694 - 0,31 - 0,97 - 4,625 = 18,089 \text{ кг,}$$

дрова + уголь + уксус + смола + уголь

В 1 куб. метре генераторного газа содержится углерода

$$\frac{(13,33 + 15,15 + 2,72)}{100 \times 22,4} = 0,1671 \text{ кг.}$$

В 1 куб. метре газов, покидающих газоочиститель содержится смолистых веществ 0,55 кг в которых:

$$C = 0,317 \text{ кг.}$$

$$H_2 = 0,03 \text{ »}$$

$$O_2 = 0,203 \text{ »}$$

$$\underline{\hspace{1cm}} = 0,55 \text{ кг.}$$



В 1 к. м. газа содержится углерода:  
 $0,1671 + 0,0003 = 0,1674$  кг.

Следовательно генераторного газа получилось:  
 $\frac{18,089}{0,1674} = 108$  куб. метр.

По перепаду же давление генераторного газа получалось 112,5, т. е. разница на 4,5 куб. метра; примем в качестве расчетной цифры 108 м<sup>3</sup>.

Содержание в газе азота  $108 \times 0,53 = 57,24$  м<sup>3</sup> или  
 $\frac{57,24 \times 28}{22,4} = 71,5$  кг

Поступило воздуха на газификацию  $57,24 \times 0,79 = 72,45$  м<sup>3</sup>.  
С воздухом поступило кислорода  $\frac{15,21 \times 32}{22,4} = 21,73$  кг.

С воздухом поступило влаги  
 $72,45 \times 0,0129$  кг. = 0,935 кг.

Общее количество поступившей в газогенератор влаги:  
 $20,8 + 0,106 + 0,935 = 21,841$  кг.  
дрова уголь воздух

Процент разложения водяных паров найдем следующим образом: в 100 м<sup>3</sup> газа содержится водорода 14 м<sup>3</sup>, 1 м<sup>3</sup> водорода весит 0,09 кг. Следовательно свободный водород весит:  
 $\frac{108 \times 14 \times 0,09}{100} = 1,36$  кг.

Водород метана  
В 1 куб. метре метана находится водорода 0,18 кг.

Всего водорода в газе:  
 $\frac{108 \times 0,18 \times 2,65}{100} = 0,515$  кг.

Всего водорода в газе:  
 $1,36 + 0,515 = 1,875$  кг.

В газе находилось влаги:

1. Сконденсировалось в очистителях 19 кг.
2. Улетело с газами при средней т-ре 42° Ц — 8,4 кг.

Эта потеря была определена опытом, при чем оказалось, что в 1 куб. м. генераторного газа в среднем содержится 0,0778 кг влаги.

Относительная влажность газов определяется следующим способом:

Парциальное давление паров воды при 42° Ц 61,50 мм ртутного столба. Среднее давление в конце последнего газоочистителя 663 мм ртутного столба.

Среднее парциальное давление сухих газов  $662 - 61,50 = 600,5$  м ртутного столба.

Газы, покидая очистители, уносят влаги:

$$\frac{108 \times 61,50}{600,5} = 11,07 \text{ м}^3$$

$$\text{или } 11,07 \times \frac{18}{22,4} = 8,89 \text{ кг.}$$

Относительная влажность газов  $\frac{8,4 \times 100}{8,89} = 94\%$ .

Общее количество влаги в газе:  $19 + 8,4 = 27,4$  кг, а поступило с топливом и воздухом  $20,906 + 0,935 = 21,841$ .

Разница:  $27,4 - 21,841 = 5,559$  кг.

Эта разница показывает, что диссоциации водяных паров не было, наоборот, часть водорода топлива сторела в воду, а именно:  $\frac{5,559}{9} = 0,62$  кг,

Кислорода, поступившего для сжигания  $5,665 - 0,63 = 5,035$  кг. В газе находится кислорода связанного:

$$\frac{\left(\frac{15,15}{2} + 13,33\right) 108 \times 32}{100 \times 22,4} = 32,25 \text{ кг.}$$

Свободного кислорода  $\frac{1,87 \times 108}{100} \times \frac{32}{22,4} = 2,9$  кг.

Всего кислорода в газе:  
 $32,25 + 2,9 = 35,15$  кг.

С воздухом введено кислорода . . . . .	21,73 кг.
С топливом дровами . . . . .	19,58 »
„ с углем . . . . .	0,171 »
Содержание кислорода в смоле . . . . .	0,62 »
„ в летучей смоле . . . . .	0,203 »
„ в уксусе . . . . .	0,301 »
В оставшемся древесном угле . . . . .	0,28 »

Кислорода должествующего идти на горение части водорода топлива в воду:

$$21,73 + 19,58 + 0,171 - 0,62 - 0,203 - 0,301 - 0,23 - 35,15 = 4,98 \text{ кг.}$$

В нашем же случае по водяному балансу получилось 5,035 кг.



Следовательно % невязки по кислороду  

$$\left( \frac{5,035 - 4,98}{5,035} \right) 100 = 1\%$$

**Материальный баланс**

	C	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N	Зола	Влага
Дрова . . . . .	21,30	2,68	19,58	—	0,64	20,8
Уголь . . . . .	2,694	0,093	0,171	—	0,042	0,106
Воздух . . . . .	—	—	21,73	72,45	—	0,935
Итого . . . . .	23,994	2,773	41,521	—	—	21,841
Смола . . . . .	0,970	0,090	0,620	—	—	—
Смола улег. . . . .	0,317	0,030	0,203	—	—	—
Уксус . . . . .	0,310	0,059	0,301	—	—	—
Уголь . . . . .	4,625	0,080	0,230	—	0,065	—
Газы . . . . .	18,090	1,875	15,150	72,45	—	—
Влаги . . . . .	—	—	—	—	—	21,841
Влага получ. от сгорания топлива	—	0,62	4,939	—	—	—
	24,312	2,754	41,443	72,45	—	21,841
	+0,318	0,019	0,0078	—	—	—

**Тепловой баланс**

Приход тепла.

1. Низшая теплотворная способность дров:

$$Q_1 = 65 \times 2696 = 175525 \text{ кал.}$$

2. Низшая теплотворная способность угля

$$Q_2 = 3 \times 7590 = 22770 \text{ кал.}$$

3. Теплосодержание дров при 19° Ц.

$$q_3 = 65 \left[ 0,366 + \frac{32}{100} (1 - 0,366) \right] 19 = 705 \text{ кал.}$$

4. Теплосодержание древесного угля при 19° Ц.

$$q_4 = 3 \left[ 0,238 + \frac{3,52}{100} (1 - 0,238) \right] 19 = 15 \text{ кал.}$$

5. Теплосодержание воздуха, поступающего в газогенератор при 72° Ц.

$$q_5 = 72,45 \times 0,312 \times 72 = 1630 \text{ кал.}$$

6. Теплосодержание влаги, поступающей в газогенератор с воздухом:  $q_6 = 0,935 \times 0,475 \times 72 = 30 \text{ кал.}$

$$200675 \text{ кал.}$$

**Расход теплоты:**

1. Низшая теплотворная способность газа

$$q_1 = 108 \times 1050 = 113400 \text{ кал.}$$

2. Низшая теплотворная способность угля оставшегося в газогенераторе, при чем около 30% его перешло вместе с золою в зольник,  $q_2 = 5 \times 7770 = 38850 \text{ кал.}$

3. Низшая теплотворная способность смолы

$$q_3 = 2,230 \times 5051 = 11260 \text{ кал.}$$

4. Низшая теплотворная способность древесного уксуса

$$q_4 = 0,67 \times 4733 = 3170 \text{ кал.}$$

5. Средняя температура при выходе газа из газогенератора 110° Ц.

Средняя теплоемкость газа 0,371 кал/м<sup>3</sup>

Теплосодержание газов

$$q_5 = 108 \times 0,371 \times 110 = 4410 \text{ кал.}$$

6. Теплосодержание парообразных веществ

$$q_6 = 27,45 (637 + 0,475 \times 10) + 2,23 (100 + 0,4 \times 110) + 0,67 (85 + 119 \times 0,5) = 18030 \text{ кал.}$$

7. Теплосодержание оставшегося угля

$$q_7 = 5 \times 0,238 \times 1100 = 1310 \text{ кал.}$$

8. Теплосодержание газогенератора нагретого до 200° Ц.

$$q_8 = 190 \times 0,167 \times 180 = \frac{5710 \text{ кал.}}{196140 \text{ кал.}}$$

По разности определяем потерю теплоты через стенки газогенератора наружу.

$$200675 - 196140 = 4535 \text{ кал.}$$

Итого расхода 200675 кал.

Коэффициент полезного действия газогенератора при работе на березовых дровах с влажностью 32% считая на сухой

$$\text{газ } \eta = \frac{140570}{198295} = 70\%$$



После лабораторных испытаний для выявления технической и экономической целесообразности применения тракторов, работающих на древесном топливе при перевозке лесоматериалов газогенератор «Верлине» был смонтирован на тракторе «Клетрак 40». Такая газогенераторная установка была впервые испытана и применена на перевозках лесоматериалов.

## Спецификация трактора „клетрак 40“

**Двигатель.** Шестицилиндровый, четырехтактный, с водяным охлаждением и клапанами, расположенными в головке цилиндров. Цилиндры отлиты в одном блоке. Диаметр цилиндра 174,3 мм, ход поршня 127 мм. Коленчатый вал штампован из стали (SAE—1045) и термически обработан; вал вращается в четырех коренных подшипниках с вкладышами, залитыми баббитом, диаметром 69, 85 мм. Поршни изготовлены из чугуна и имеют по пять колец шириною 4,76 мм, из которых четыре компрессионных и одно регулирующее смазку стенок цилиндра. Шатуны штампованы из стали (SAE—1035). Впускные и выпускные клапаны изготовлены из хромо-никелевой стали. Наружный диаметр головок клапанов 57,15 мм.

**Смазка двигателя.** Смазка коленчатого вала, шатунов, распределительного и верхнего вала клапанов производится под давлением. Стенки цилиндров, поршни, кольца и поршневые пальцы смазываются разбрызгиванием. Регулировочный клапан давления масла расположен снаружи с правой стороны задней части двигателя. Избыток масла направляется к шестерням распределительного механизма.

**Зажигание** от аккумулятора индукционной катушки «Делько-Реми» и от распределителя с полным автоматическим опережением. Аккумулятор «Виллард» 12 вольт, 120 ампер часов. Зарядка аккумулятора производится от динамо «Делько-Реми» 12 вольт, приводимого во вращение от шестерни распределительного вала.

**Самопуск.** Мотор с самопуска «Делько-Реми» 12 вольт, четырехвольтовый. Включение с зубчатой коронкой маховика автоматическое.

**Освещение.** Два передних фонаря со стенками диаметром 177,8 мм, один задний фонарь.

**Регулятор.** Центробежный, системы «Тако» с ручным контролем для увеличения скорости двигателя.

**Карбюратор и топливопровод.** Карбюратор «Шеблер АТ» размер 44,45 мм. Подогрев смеси для обеспечения испарения горючего расположен в пускном трубопроводе над карбюратором у впускных отверстий цилиндров. Питательные трубки

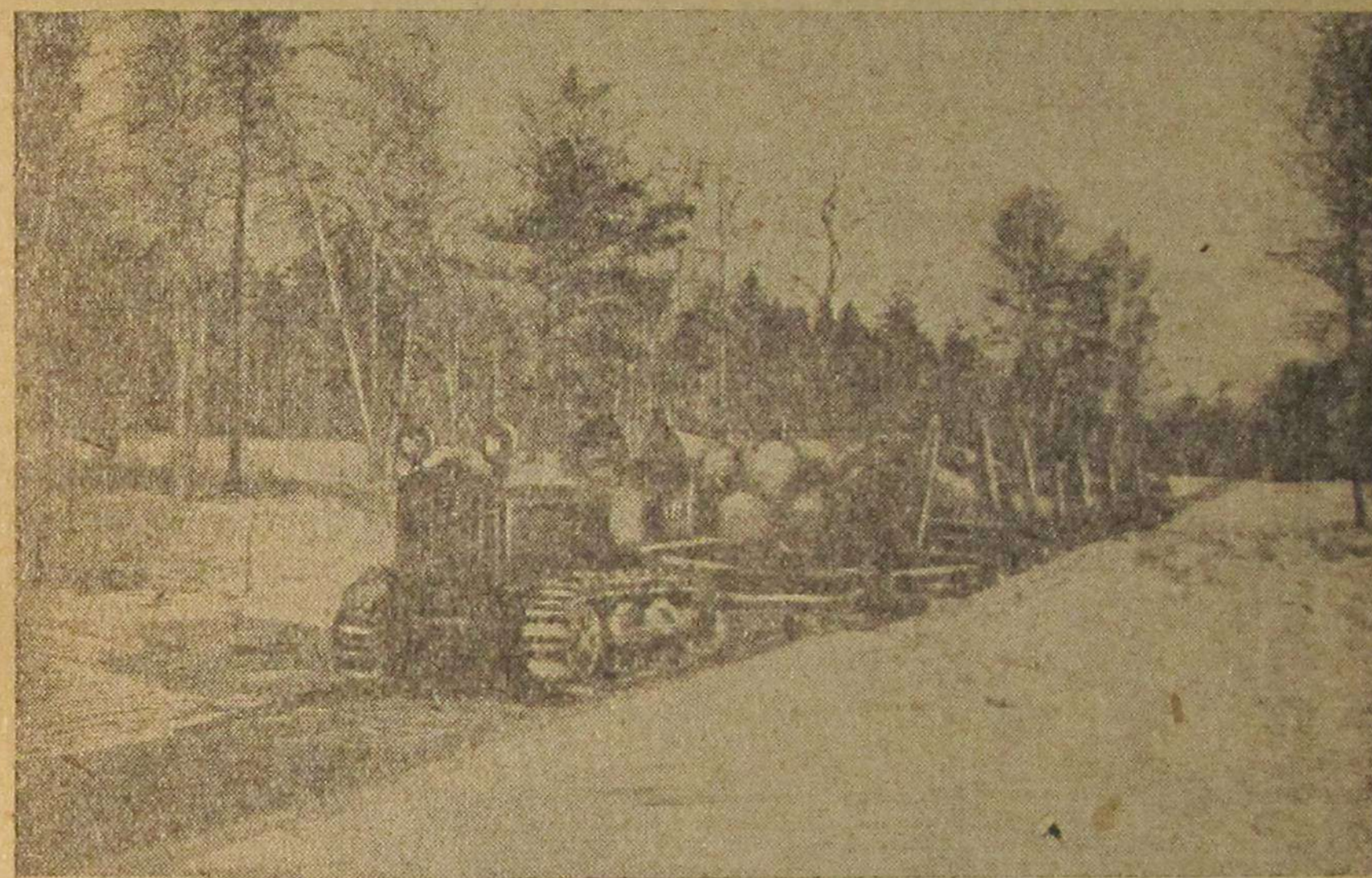


Фото 1. «Клетрак 40»

горючего сделаны из меди. Баки для горючего установлены на правом крыле; емкость большого бака, примерно 152 литра.

**Воздухоочиститель.** Воздух, поступающий в карбюратор, проходит через воздухоочиститель «Помона», установленный на переднем щите. Воздухоочиститель соединен с карбюратором трубопроводом.

**Система охлаждения.** Емкость системы охлаждения, примерно, 36 литров.

**Коробка скоростей.** Коробка скоростей селективного типа имеет три скорости вперед и одну назад. При 1575 оборотах в минуту трактор делает на первой скорости 3, 5 км, на второй 5,8 км, на третьей 9,2 км и на заднем ходу 3,2 км в час.

**Общие размеры.** Общая длина трактора 335,28 см., ширина 175,26 см., высота 160,02 см. Расстояние между центрами гусениц 121,92 см. Высота пружины прицепной тяги над землей при отсутствии шпор на гусеницах 20,32 см. Вес трактора 5262 кг.



Мощность на тяговом крюке 40 лош. сил, на приводном шкиве 55 лош. сил.

Тяговое усилие трактора. При ходе трактора на третьей скорости, максимальное тяговое усилие на крюке, при скорости трактора в 9, 2 километра в час — 1190 кгр., на второй скорости при 5,8 километрах в час 2460 кгр. и на первой скорости при скорости движения трактора 3,5 километра в час — 4400 килогр.

Степень сжатия = 4,5.

## Расчет продолжительности работы трактора при одной загрузке газогенератора

Для выяснения продолжительности работы трактора при одной полной загрузке газогенератора горючим произведен следующий расчет: по полученным на тракторе данным из 1 кгр дров, считая на абсолютно сухую древесину, образуется около 2,8 куб. метра сухого газа, а влажного газа при содержании в дровах влаги около 20 проц. — 2,9 куб. метр.

При полной загрузке шахты газогенератора вмещается около 55 кгр. дров, считая на абсолютно сухое вещество, следовательно

общее количество влажного газа должно получиться:

$$55 \times 2,9 = 159,5 \text{ куб. метр.}$$

Для определения расхода газовой смеси 4-х тактным двигателем в течение одного часа (при наполнении цилиндров = 1) воспользуемся формулой.

$$V = \frac{\pi D^2 n 3600}{4 \times 2 \times 60} S i$$

где  $D$  — диаметр поршня,  $n$  — число оборотов,  $S$  — ход поршня и  $i$  — число цилиндров.

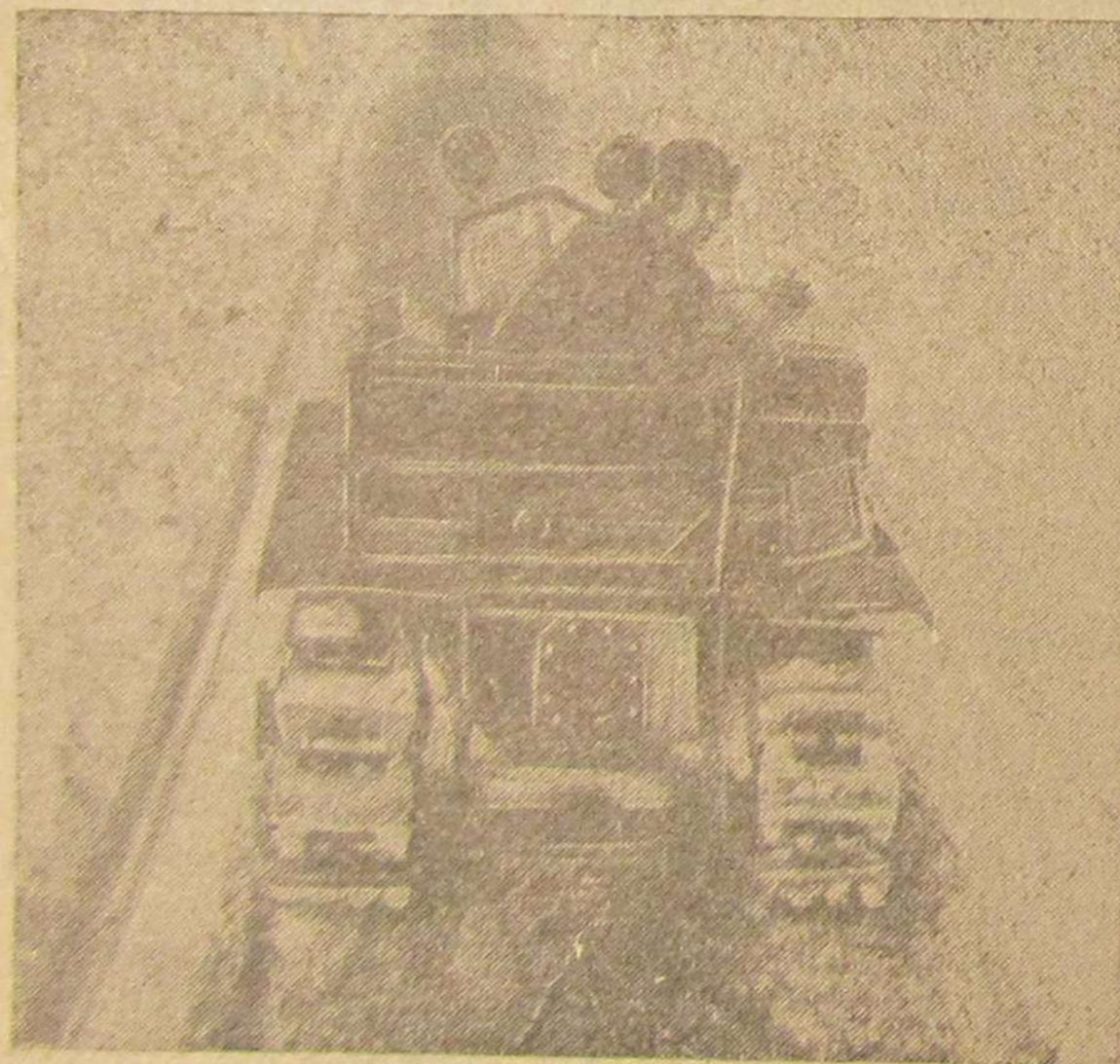


Фото 2. Трактор «Клетрак 40». Вид сзади

Согласно спецификации для трактора «Клетрак 40», имеем:  $D = 0,1143$  метра,  $S = 0,127$  метра,  $i = 6$ , произведя расчет при  $n = 1000$ .

Подставив эти данные в вышеприведенную формулу получим:

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,1143^2}{4} 30,1000 \cdot 0,127 \cdot 6 = 194,3 \text{ м}^3 \text{ смеси.}$$

Количество воздуха необходимое для сжигания генераторного газа определяется из следующего расчета: состав газогенераторного газа  $\text{CO}_2$  — 9,12 проц.,  $\text{CO}$  — 15,9 проц.,  $\text{CH}_4$  — 3,92 проц.,  $\text{H}_2$  — 11,2 проц.,  $\text{O}_2$  — 2,6 проц.,  $\text{N}_2$  — 57,26 проц. Количество кислорода, потребное для горения газа вышеприведенного состава исчисляется 0,214 км. Вычитая отсюда имеющийся в газе кислород 0,026 куб. м. получим, что необходимо подвести с воздухом: — 0,214 — 0,026 = 0,188 км.

Теоретическое количество воздуха, необходимое для горения равняется  $0,188 \times 3,762 = 0,707$  км. Принимая коэффициент избытка воздуха равным 1,1 получим, что воздуха д. б. подведено  $0,707 \times 1,1 = 0,78$  куб. метр. на 1 куб м. генераторного газа. Получается газа 159,5 куб. м., для сжигания которого потребуются подвести воздуха  $159,5 \times 0,78 = 124,4$  куб. м. Всего получится горючей смеси  $159,5 + 124,4 = 283,9$  куб. мет.

Отсюда явствует, что при полной загрузке шахты газогенератора древесным топливом и при полном наполнении цилиндров двигателя газовой смесью получающегося газа хватит для работы трактора в течение 1,46 часов.

## Монтаж газогенератора „Берлие“ на тракторе „Клетрак 40“

Монтаж и испытание газогенератора производилась в Монетном лесопромхозе, на специально выделенном для этой цели Ураллесом тракторе, при чем последний нуждался в капитальном ремонте.

Монтаж газогенератора на тракторе необходимо было произвести так, чтобы вся газогенераторная установка не могла мешать работе тракториста, не были затруднены управление трактором, обслуживание и чтобы можно было легко производить очистку газогенератора и газоочистителей.

С этой целью газогенератор был укреплен сзади трактора. Для поддержания газогенератора, к защитным листам железа над гусеницами трактора были прикреплены болтами два крон-



штейна с укреплением их металлическими оттяжками. Чтобы не мешать производству работы по прицепке и отцепке саней, газогенератор прикреплен выше серьги, расположенной на 30 см. ниже его основания. На кронштейны сверху укреплены два полукольца из листовой стали, толщиной 6 мм. В этом кольце газогенератор свободно удерживается кольцевым выступом, имеющимся на газогенераторе.

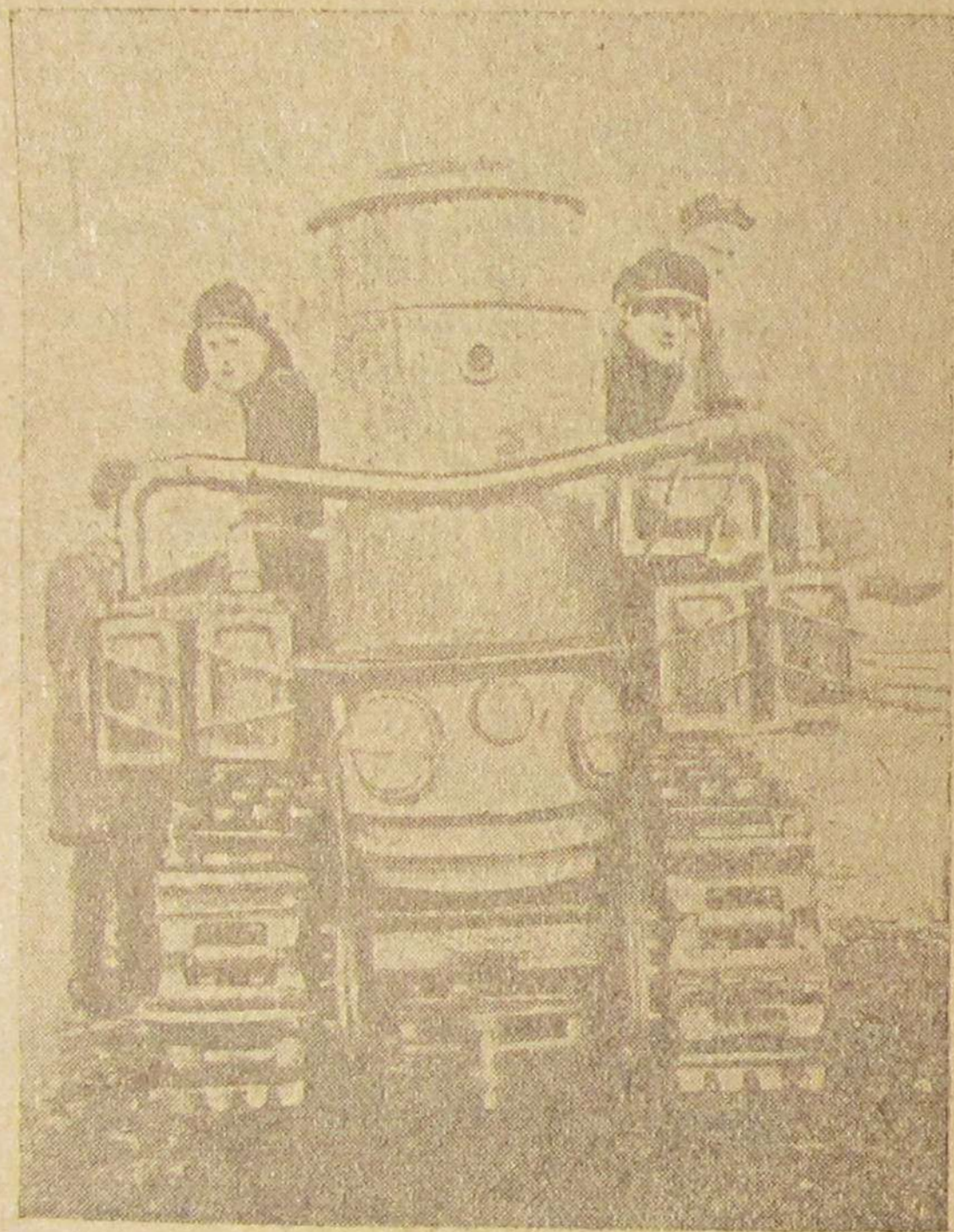


Фото 3. Газогенератор «Берлие» на тракторе «Клетрак 40». Вид сзади.

Во избежание сильного бокового раскачивания газогенератора, верх каждого кронштейна удерживается особой подмогой из плоского железа, укрепленной на диффере трактора.

Общая высота трактора с газогенератором увеличилась до 232 см., т. е. на 72 см.

Очистители расположены таким образом: с левой стороны (на крыле) установлены и укреплены два первых очистителя, и на правой стороне, на месте снятых баков для горючего и ящика

для инструмента установлены и укреплены 3 остальных газоочистителя. В плоскости газоочистителей, спереди на свободных площадках размещены с левой стороны аккумулятор и бачок для бензина, а с правой — вентилятор для разжигания газогенератора.

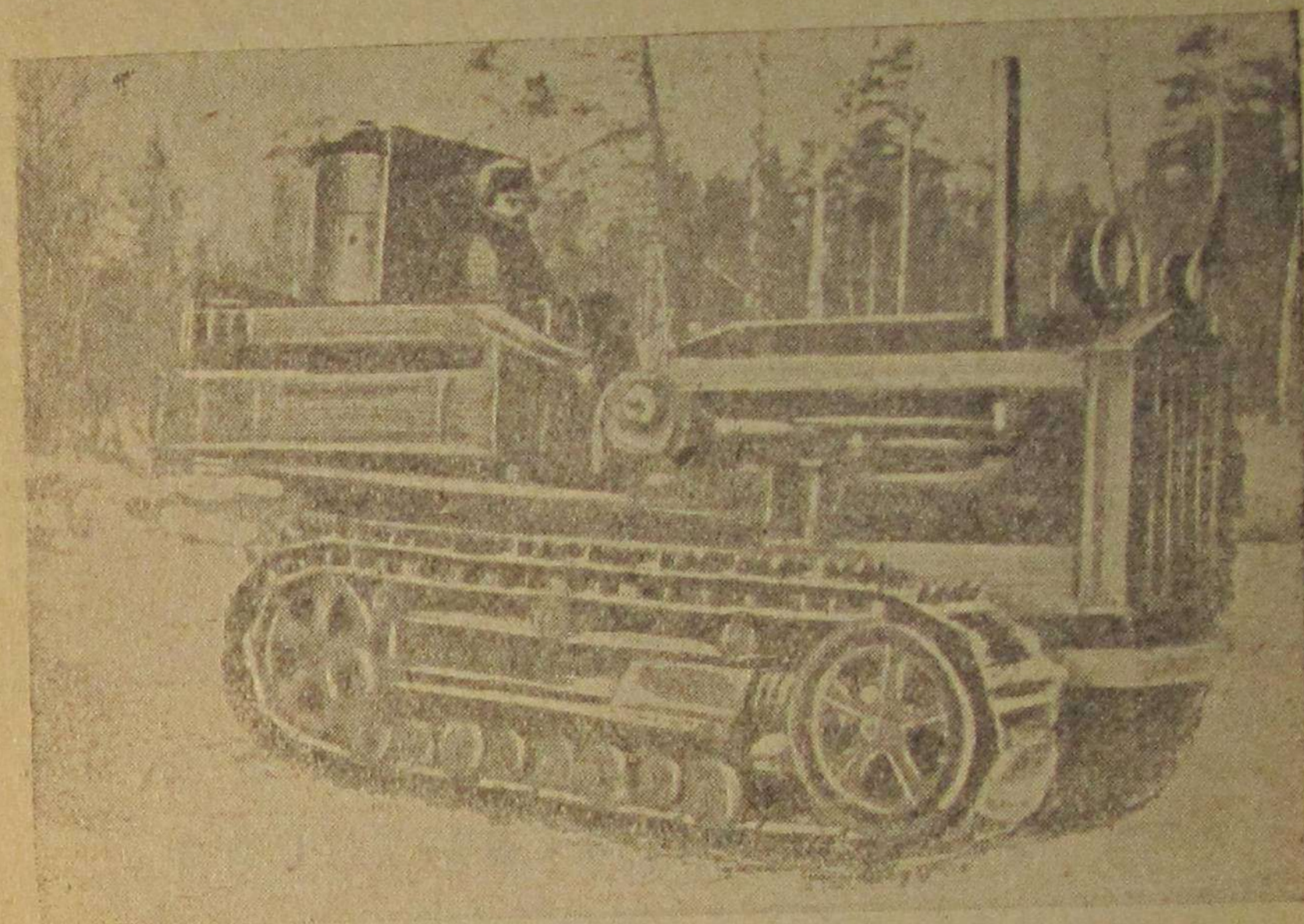


Фото 4. Газогенератор «Берлие» на тракторе «Клетрак 40», вид сбоку

Задние концы газоочистителей свешиваются с крыльев трактора на 45 см., что как раз на одной линии с газогенератором. Смеситель поставлен так, что регулирование подачи добавочного воздуха и управление количеством газовой смеси установлено на переднем щите трактора, давая возможность производить управление с сидения тракториста, посредством рычажной передачи быстро и своевременно регулировать смесь газа с воздухом. Карбюратор был установлен с применением трехходовой трубы; заводка возможна непосредственно на газе, для чего карбюратор снимали и ставили вместо него заглушку. Длина газопроходов была уменьшена с 9,5 метра до 6 метров. Таким образом монтаж произведен без всяких изменений мотора трактора, изменился лишь габарит трактора с увеличением высоты до 232 см. и длины до 380 см.



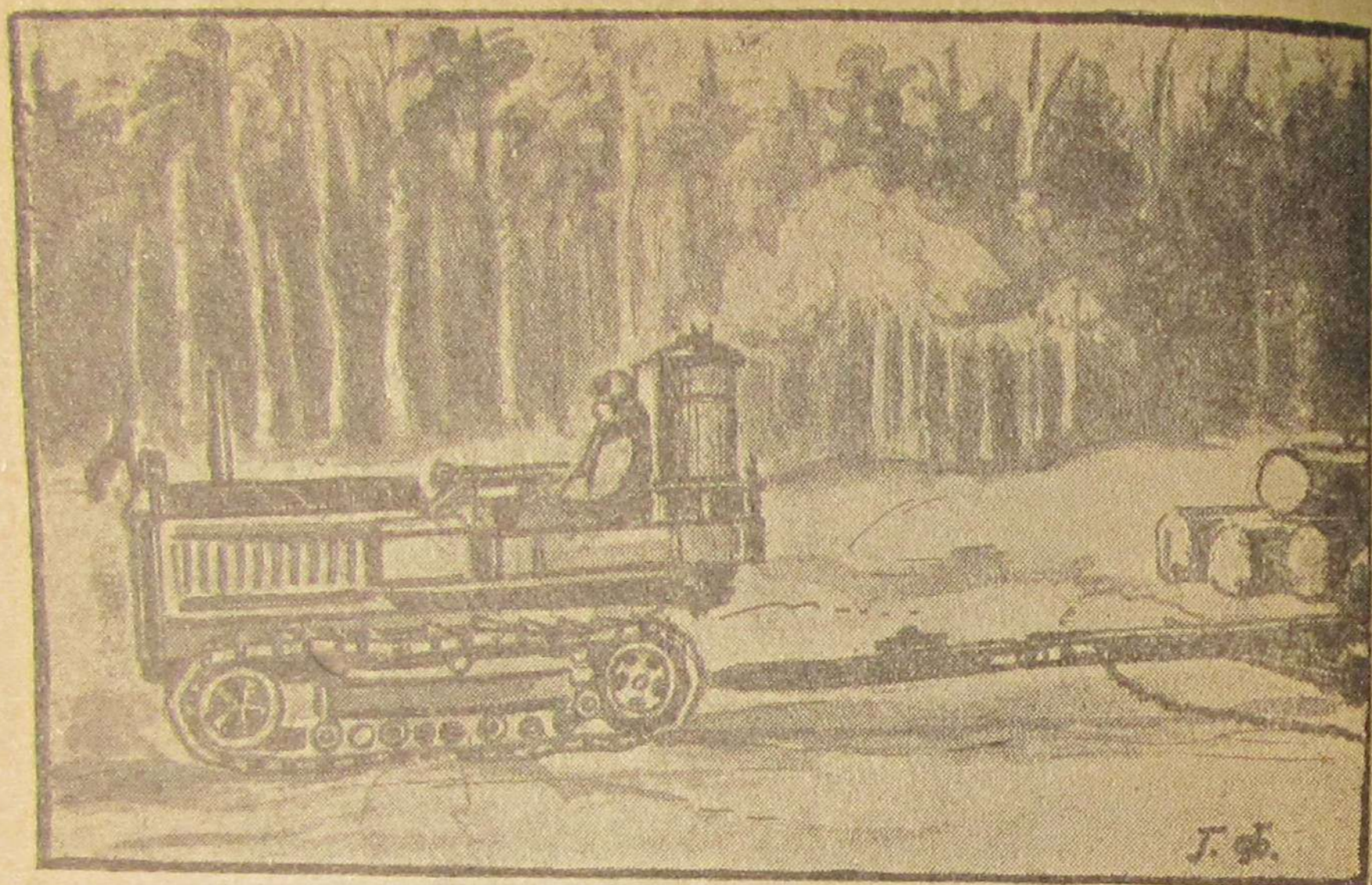


Фото 5. Газогенератор „Берлие“ на тракторе „Клетрак 40“ с динамометром

## Результаты испытания

После окончания монтажа и устройства регулировочного приспособления был произведен пробный пуск трактора на газе. Первая загрузка газогенератора, как уже говорилось, была проведена до уровня нижних флянцев древесным углем, и выше — дровами.

Такое наполнение газогенератора проводилось всякий раз после полного его опорожнения: Продолжительность загрузки газогенератора не превышает 3—5 минут, для чего древесина предварительно должна быть приготовлена в мешках.

В начале двигатель можно пустить на бензине, а потом уже перейти на газ. Когда мотор пущен на бензине, то для перехода на газ необходимо закрыть выходной кран у вентилятора, открыть впуск добавочного воздуха, поставив в нужное положение рукоятку для регулировки впуска воздуха, а затем, при помощи рукоятки, постепенно открыть дроссельную заслонку, преграждающую поступление взрывчатой смеси в мотор. Качество газа обнаруживается по звуку; если газ хороший и он вращает мотор, тогда постепенно сбавляют приток бензина до полного его пре-

ращения. При работе мотора на газе для увеличения мощности необходимо установить опережение зажигания. Надо сказать, что мотор можно также пустить и непосредственно на газе, произведя все описанные манипуляции. Если состав смеси бедного газа и воздуха установлен правильно, то мотор начинает работать сразу. Если этого не получается, надо передвинуть рукоятку, регуливающую впуск добавочного воздуха и повторить операцию пуска мотора в ход.

Когда мотор пущен, надо дать ему вращаться в течение некоторого времени (3 — 5 м.) для того, чтобы довести процесс газификации до нормального состояния; после этого трактор готов для работы.

Пробный пуск был произведен без выхода трактора из гаража. Вначале мотор был заведен на бензине и потом переведен на газ. Одна загрузка газогенератора в количестве березовых дров 66 кг. и угля 3 кг. дала возможность проработать трактору без нагрузки с 12 час. 45 м. до 3 часов 46 м., без остановки, т. е. в течение 3 часов 1 минуты. За все время трактор работал спокойно и равномерно, без перерывов. На другой день был осмотрен газогенератор, при чем в остатке оказалась необуглившаяся древесина 4,3 кг. При осмотре газоочистителей в первых двух было не много воды, а остальные три были совершенно чисты. После этого была снята крышка блока и установлено, что на головках поршней нагар отсутствовал, клапаны и свечи были совершенно чисты. Масло в картере осталось той же консистенции, что и перед началом испытаний.

После новой полной загрузки газогенератора была произведена пробная поездка на газе. Трактор из гаража вышел в 10 час. 5 мин. и до 14 часов работал на маневрах по перевозке и установке для разгрузки прибывающих из лесу груженых саней, при чем попутно производилось динамометрирование, показавшее, что тяговое усилие трактора на 1-й рычажной скорости достигало за счет уменьшения скорости до 5000 кг. При этой поездке выяснено, что одной загрузки шахты газогенератора может быть достаточно при неполном наполнении цилиндров горючей смесью до 2,5 часов работы трактора.

Для изучения работы трактора на древесном топливе и выявления особенностей при вывозке лесоматериалов, трактор с газогенератором вначале работал на маневрах. В начале первых поездок трактор заводился на бензине, а потом уже переводился на газ. Во время последующих поездок выяснилась возможность заводки трактора непосредственно на газе, а потому бензиновый ба-



чек и карбюратор с трактора были сняты, с закрытием в трехходовой трубе одного хода заглушкой

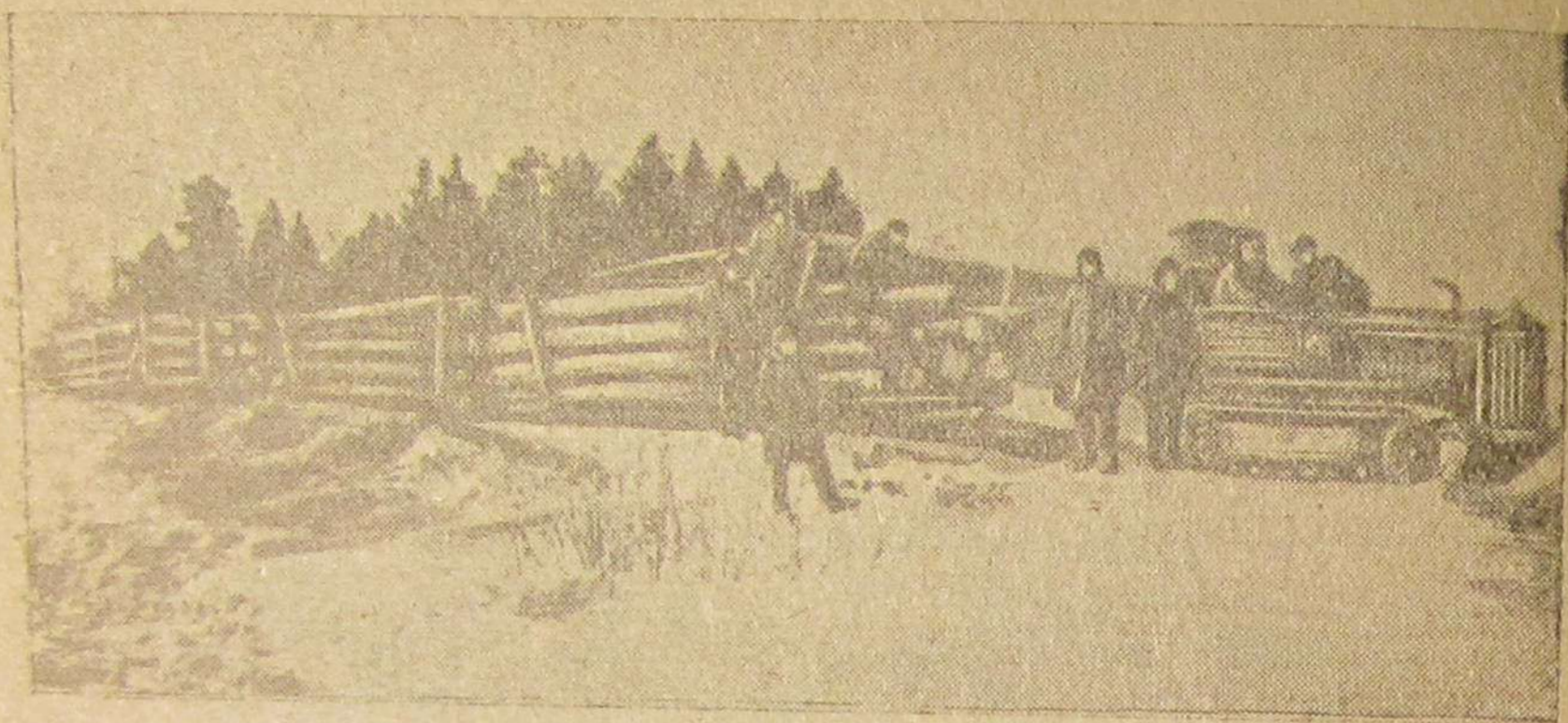


Фото 6. Газогенератор «Берлие» на тракторе «Клетрак 40». На маневрах

Для повторной загрузки шахты газогенератора дровами вначале оставали мотор, в дальнейшем загрузку газогенератора производили без остановки мотора, при чем сама операция загрузки продолжалась не более 2—3 минут.

Повторные загрузки следует производить возможно чаще, не допуская полного сгорания горючего в газогенераторе, обыкновенно загрузка производится тогда, когда выгорит половина горючего в газогенераторе, т. е., примерно, после 1 часа работы трактора.

Разделка необходимых для газогенератора дров производилась следующим образом:

Дрова летней заготовки, с влажностью до 30 — 32 проц., разрезались при помощи круглой пилы, приводимой в действие электромотором, на отдельные короткие отрезки длиной 4 — 6 см. Один рабочий за смену распиливал около 2 куб. метров дров. Полученные отрезки дров потом раскалывались на кубики величиной 40 X 40 X 60 мм. Один рабочий, в течение рабочего дня, раскалывал 4 куб. метра напиленных дров. При оплате рабочего в 2 руб. за смену стоимость распиловки составляет 1 руб. и колки 0,5 руб., всего 1,50 руб. куб. метр. Из этого явствует, что разделка дров для газогенератора проста и обходится сравнительно недорого. К этому необходимо добавить стоимость электроэнергии, подвозки и перевозки горючего около 0,50 руб. на куб. метр.

При применении тракторов с газогенераторами на дровах, в промышленном масштабе и при соответствующей организации заготовки необходимого древесного горючего, стоимость заготавливаемого топлива будет значительно дешевле.

Управление трактором такое-же, как и при работе на керосине. Начало движения, изменения хода движения, скорости и остановки производятся так же, как и при работе на керосине. При начале движения необходимо отрегулировать подачу добавочного воздуха, ибо эта регулировка имеет большое значение на образование взрывчатой смеси. Следует находить такое положение регулирующей рукоятки, которое давало бы наилучшую работу мотора, что быстро достигается практикой. При работе на газе для увеличения мощности двигателя, необходимо установить опережение зажигания. Для предохранения тракториста от действия температуры, вследствие нагревания газогенератора, между сидением тракториста и газогенератором установлен щит из 2-х слоев листового железа с внутренней прокладкой из листа асбеста.

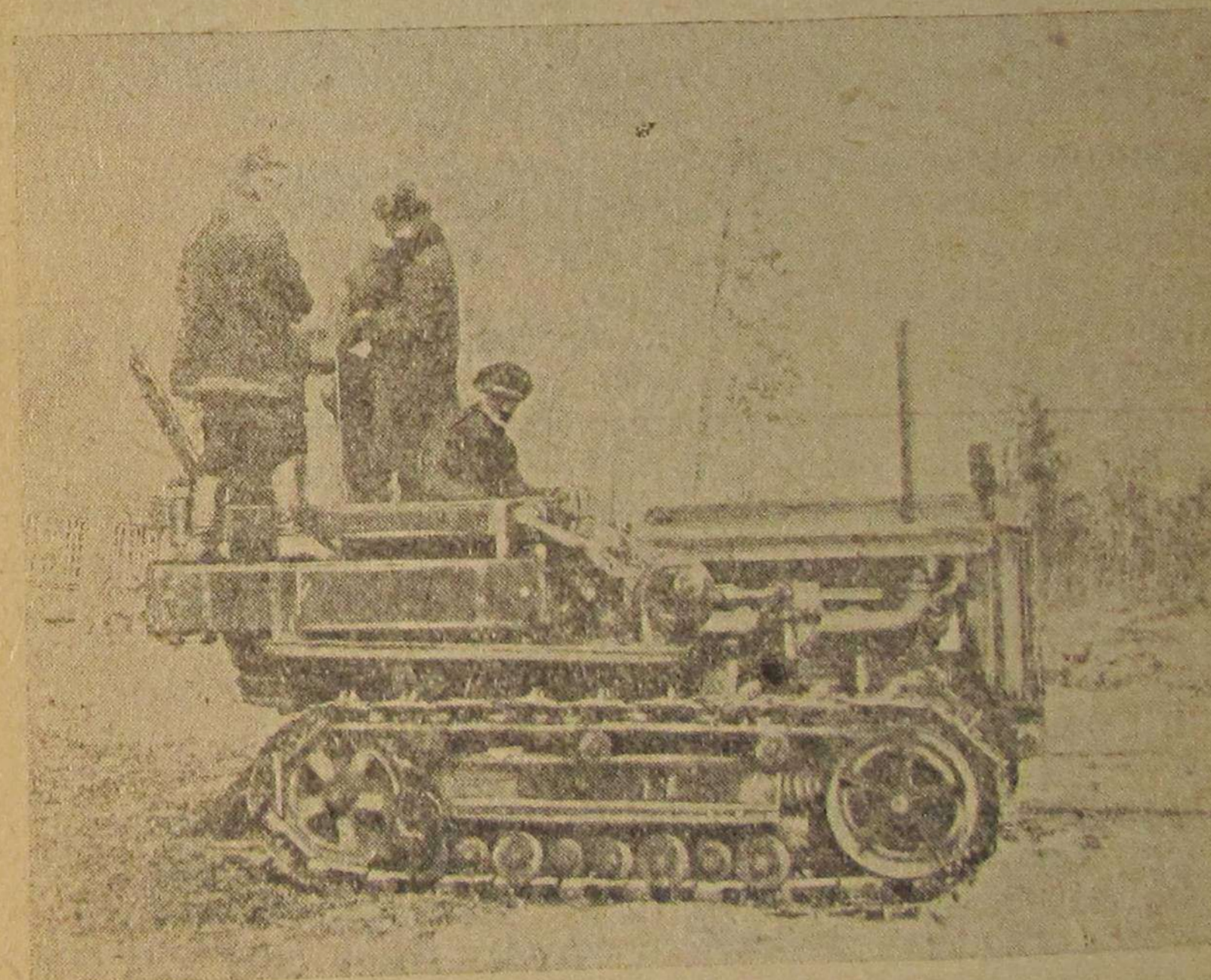


Фото 7. Газогенератор «Берлие» на тракторе «Клетрак 40». Заправка горючим



При работе в зимнее время, благодаря излучению теплоты газогенератором представляется возможным в сильные морозы работать на тракторе без тулупов, в одних полушубках.

При первых пробных поездках за лесоматериалом производился осмотр мотора для выяснения влияния газа на мотор, для чего обычно снималась головка блока. При этих осмотрах выяснилось, что на головке поршня нагар отсутствовал, клапаны и свечи совершенно чисты. Если при работе на керосине свечи часто забрасываются, а на головке поршня получается значительный слой нагара, то при работе на газе этого не наблюдалось. В отличие от лабораторных испытаний, где происходил налет смолистых веществ на выхлопных и всасывающих клапанах, при работе газогенератора «Берлие» на тракторе «Клетрак 40» этого не наблюдалось. Все это указывает на то, что при работе газогенератора на тракторе при процессе газификации все смолистые вещества разлагаются и сгорают в зоне горения.

При работе трактора на древесном топливе должна производиться периодическая очистка газогенератора. При пробных поездках очистка производилась каждый день, при чем все не сгоревшие дрова и уголь вынимались и взвешивались, зольник освобождался от золы. Пластинки из газоочистителей вынимались и простым встряхиванием освобождались от осевших частиц сажи и пыли.

При эксплуатации нет надобности в ежедневном освобождении газогенератора от горючего, а достаточно из зольника удалить золу и почистить газоочистители.

При производстве маневров, газогенератор не освобождался от горючего, а только удалялась зола из зольника и сажа из газоочистителей, на что затрачивалось 10—20 минут, ежедневно. После очистки на другой день газ получался значительно быстрее и лучшего качества, что дает основание предполагать, что оставшееся в шахте газогенератора топливо от предыдущей поездки способствует быстрому и лучшему по качеству получению газа.

Во избежание загрязнения смолистыми осадками газогенератора, для освобождения колосниковой решетки от спекшейся золы, очистку газогенератора необходимо производить через 5—7 дней работы.

После выяснения особенности работы трактора на древесном газе и установлении бесперебойной работы мотора, была произведена первая пробная поездка за лесоматериалом. Трактор на древесном топливе с порожними пятью санями вышел за лесоматериалом. С погрузочной площадки 8-го километра были взяты 4 штуки саней с грузом лесоматериала в количестве 39,394 мт.<sup>3</sup> Поездка продолжалась 5 часов 12 минут, при чем фактически

трактор работал во время пробега 4 ч 23 минуты. Эта первая поездка происходила без каких-бы то ни было аварий и остановок в пути.



Фото 8. Газогенератор «Берлие» на тракторе «Клетрак 40». Порожняк за лесоматериалом

С этого времени было приступлено к изучению работы трактора на древесном топливе, п. перевозке л-материалом. За все время было совершено десять поездок за лесоматериалом, не считая работы трактора на маневрах и работы по производству опытов с утюгами.

Для выявления уменьшения мощности и скорости движения трактора, работающего на газе, по сравнению с мощностью и скоростью движения его на обычном топливе-керосине, были взяты на ледяной дороге наиболее характерные участки длиной по 100 метров каждый, скорость прохода которых трактором замерялась с одновременным измерением на этих же участках тяговой мощности трактора.

Данные, полученные при измерении тяговых усилий и времени прохождения участков, сведены в следующие таблицы,

(См. табл. на стр 48-49)

Примечание: 3 марта заводка мотора с газогенератором произведена была буксиром в виду низкой температуры в гараже и невозможности от руки провернуть коленчатый вал. С 22 февраля по 1 марта газогенератор работал на березовых дровах без коры.







Времени прохода 100 метровых участков, выделенной мощности и скорости движения тракторов, работающих на газе и керосине при движении порожняком.

№ участка	Подъемы и уклоны	Г а з				Средн. скор. движен. на газе				Керосин					
		Время проход. участка	Скор. движен. (рысж. скор.)	Тягов. усилие в килограмм.	Время проход. участка	Скор. движен. (рысж. скор.)	Тягов. усилие в килограмм.	Средн. скор. движен. на газе	Время проход. участка	Скор. движен. (рысж. скор.)	Тягов. усилие в килограмм.	Время проход. участка	Скор. движен. (рысж. скор.)	Тягов. усилие в килограмм.	Средн. скор. движен. на керосине
16	- 0,003	1'4 "	5,6 км 9,2	240	1'5 "	5,6 9,2	337	5,6	43"	8,3 9,2	350	36"	10,0 9,2	262	9,2
15	+ 0,014	1'2 "	5,8 9,2	275	1'0 "	6,0 9,2	385	5,9	38"	9,4 9,2	615	39"	9,2 9,2	545	9,3
14	- 0,017	1'16"	4,7 5,8	132	1'15"	4,8 5,8	240	4,8	42"	8,5 9,2	217	41"	8,7 9,2	100	8,6
13	- 0,0028	1'3 "	5,7 9,2	240	1'8 "	5,3 5,8	362	5,5	42"	8,5 9,2	545	40"	9,0 9,2	545	8,7

12	+ 0,010	1'0 "	6,0 9,2	337	59"	6,1 9,2	490	6,1	40"	9,0 9,2	606	37"	9,7 9,2	580	9,3
11	+ 0,017	54"	6,6 9,2	337	51"	7,0 9,2	455	6,8	45"	8,0 9,2	545	40"	9,0 9,2	580	8,5
10	+ 0,008	57"	6,3 9,2	325	54"	6,6 9,2	455	6,5	—	—	475	44"	8,1 9,2	455	8,1
9	0,015	—	—	385	1'15"	4,8 5,8	402	4,8	41"	8,7 9,2	510	42"	8,5 9,2	475	8,6

Фактическая скорость движения трактора на участке указана в знаменателе графы "скорость движения". Из таблицы видно, что движение трактора с порожняком на газе сопровождалось некоторым падением мощности и скорости трактора, по сравнению с работой последнего на керосине. При движении порожняком оба трактора на газе и на керосине тянули одинаковое число порожних саней (5 саней).



Расход древесного горючего

Наименован. расхода дров	Февраль			М а р т					Средн
	22	24	28	1	3	4	5	14	
Всего израс- ходовано дров	273 кг	297,4	183,6	270,9	279,4	299,4	229	263	—
Расх. дров брутто на тонно-к.лм.	522 „	725	630	880	1100	1260	1060	1020	899
Расх. нетто на т/кил.	602 „	840	735	1001	1300	1460	1242	1170	1044
Тоже куб. метр. вы- вез. дров.	5 „	7,0	3,5	4,8	6,2	7,0	6,0	6,8	5,8
Тоже на 1 км. проб. кг.	9,7 „	10,6	11,5	16,9	17,4	18,6	14,3	16,4	14,4
Тоже на 1 кубо-кил.	0,36 „	0,50	0,44	0,60	0,78	0,87	0,74	0,85	0,64

мощью тракторов на газе, потребовалось бы, согласно данных таблицы, около 40.000 куб. метров древесины, т. е. 1 проц. от количества перевозимой древесины.

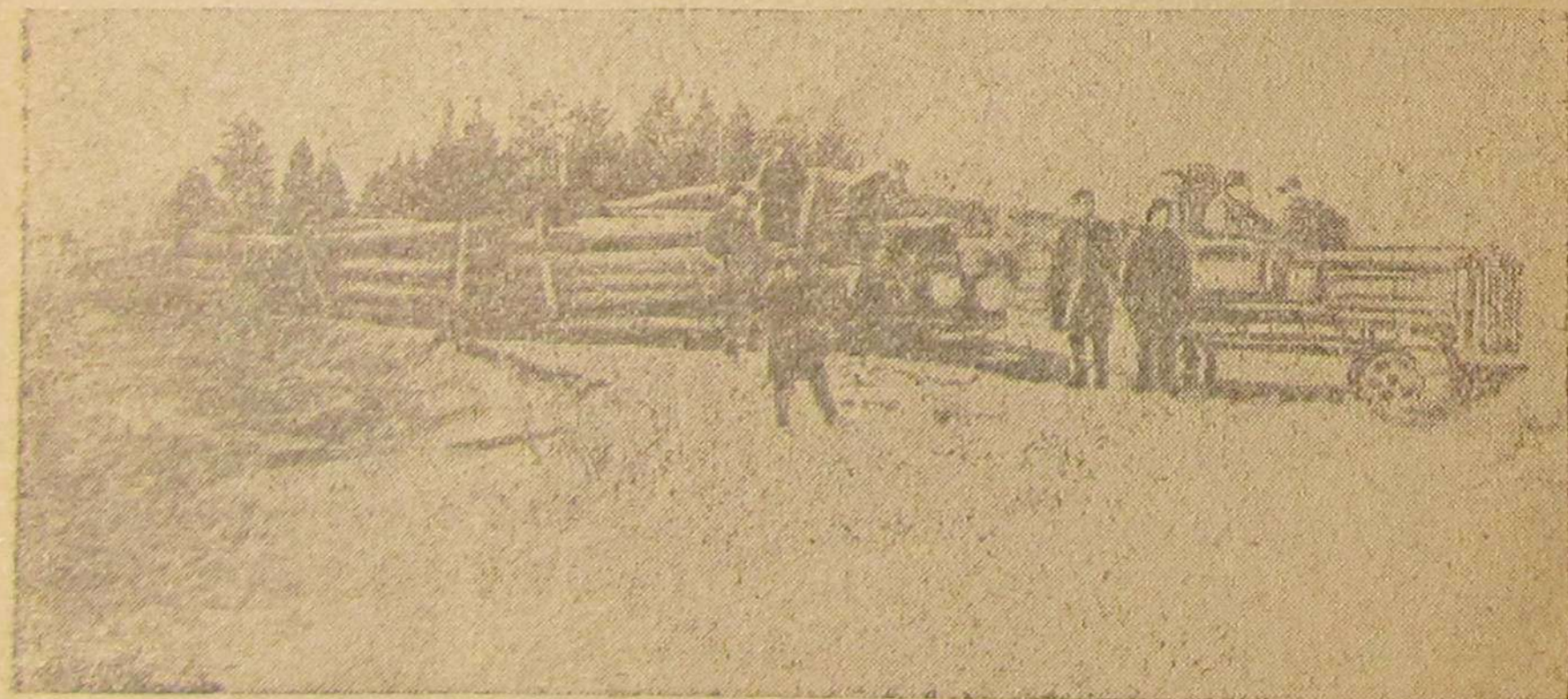


Фото 9. Газогенератор «Берлие» на тракторе «Клетрок 40» На перевозке лесоматериалов

Таблица III суммированной затраты времени на работу трактор «Клетрок 40», работающего на древесном топливе по перевозке лесоматериалов

Продолжит. работы Наименован. операц.	Февраль					М а р т				
	22	24	28	ч.	М.	1	3	4	5	14
Заправка трактора	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Продол. получ. газа . . . . .	5	18	8	—	—	5	—	17	29	20
	—	—	—	—	—	15	—	10	—	20
Прод. перев. мотора на газ . . . . .	—	—	—	—	—	20	—	27	49	40
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Итого на заводку М а н е в р ы	—	—	—	—	—	24	—	46	35	20
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
При выходе . . . . .	1	36	12	—	—	22	1	30	30	15
	—	—	—	—	—	30	—	—	28	18
На погруз. склад . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
При возвр. с груз . . . . .	2	19	33	1	16	2	06	2	33	53
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Итого маневр. . . . .	2	7	44	1	21	1	38	1	30	08
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Проезд трактора	3	25	06	2	2	1	58	2	08	08
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
С порожним . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
С грузом . . . . .	5	32	50	3	22	3	36	4	38	11
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Итого прохода . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—







Таблица VII Тяговых усилий трактора, развиваемой мощностью и расхода древесного топлива на 1 сил час

№ участка	Подъемы и уклоны	Тяговые усилия	Вес трактора	Кэффц. сопротив. пути	Скорость движения	№	Время затрачен. с порож. и груз.	Net.	Колич. израсход. топлива	Расход горюч. на 1 сил час
16	-0,003	337	5600	0,05	5,6	17,2	—	—	—	—
15	+0,014	385	—	—	6,0	17,3	—	—	—	—
14	+0,017	240	—	—	4,7	10,0	—	—	—	—
13	-0,0028	362	—	—	5,3	17,1	—	—	—	—
12	+0,010	490	—	—	6,1	21,5	—	—	—	—
11	+0,017	455	—	—	7,0	22,1	—	—	—	—
10	+0,008	455	—	—	6,6	22,4	—	77,88	263 кг.	1,49
9	+0,015	402	—	—	4,8	17,7	—	—	—	—
8	+0,035	1680	—	—	2,4	25,5	—	—	—	—
9	+0,015	1610	—	—	2,6	24,4	—	—	—	—
10	+0,008	1820	—	—	3,1	32,8	—	—	—	—
11	+0,017	1820	—	—	3,0	32,4	—	—	—	—
12	+0,010	1960	—	—	2,2	24,9	—	98,25	—	—
13	-0,0028	1450	—	—	2,7	22,8	—	—	—	—
14	+0,017	960	—	—	3,1	20,4	—	—	—	—
15	+0,014	1540	—	—	2,5	23,4	—	—	—	—
16	-0,003	1350	—	—	2,3	18,3	—	—	—	—
						ср. 25,0		176,13		

Таблица VIII Тяговых усилий и развиваемой мощности грантером, работающим на керосине

№ участка	Подъемы и уклоны	Тяговые усилия	Вес трактора	Кэффц. сопротив. пути	Скорость движения	№	Время затрач. на прох. с порож. и груз.	Net	Расход горючего на 1 сил час
16	-0,003	350	5262	0,05	8,3	25,8	—	—	—
15	+0,014	615	—	—	9,4	37,3	—	—	—
14	+0,017	217	—	—	8,5	16,4	—	—	—
13	-0,0028	545	—	—	8,5	34,5	—	—	—
12	+0,010	606	—	—	9,0	36,1	—	—	—
11	+0,017	545	—	—	8,0	28,3	—	—	—
10	+0,008	475	—	—	0,0	—	—	—	—
9	+0,015	510	—	—	8,7	29,6	—	—	—
8	+0,035	2676	—	—	5,0	ср. 29,7 77,3	—	—	—
9	+0,015	2040	—	—	4,6	54,2	—	—	—
10	+0,008	1900	—	—	5,1	55,6	—	—	—
11	+0,017	2180	—	—	5,4	67,5	—	—	—
12	+0,010	2425	—	—	5,4	73,0	—	—	—
13	-0,0028	2180	—	—	5,4	64,80	—	—	—
14	+0,017	870	—	—	5,4	28,0	—	—	—
15	+0,014	2460	—	—	5,0	69,0	—	—	—
16	-0,003	1400	—	—	5,2	42,8	—	—	—
						ср. 59,11		143,38	480 г. керосина и 20 г. бензина



Таблица IX Тяговых усилий и развиваемой мощности трактором, работающим на керосине

№ участка	Подъемы и уклоны	Тяговое усилие	Вес трактора	Коэффиц. сопротив. движен.	Скорость движен.	Ne	Время заграч. на прож. с порож. и груз.	Net	Расход горюч. на сило-час
16	-0,003	262 кг.	5262	0,05	10,0	26,6	1,45	42,34	400 г. керосина и 20 г. бензина
15	+0,014	545	—	—	9,2	33,3			
14	+0,017	100	—	—	8,7	11,7			
13	-0,0028	545	—	—	8,0	36,5			
12	+0,010	580	—	—	9,7	37,8			
11	+0,017	580	—	—	9,0	33,4			
10	+0,006	455	—	—	8,1	27,0			
9	+0,015	475	—	—	8,5	27,6			
8	+0,035	1540	—	—	ср. 29,2	55,5			
9	+0,015	1900	—	—	5,5	54,0			
10	+0,008	1820	—	—	5,1	55,5			
11	+0,017	2320	—	—	0,0	—			
12	+0,010	2320	—	—	5,2	68,5			
13	-0,0028	2180	—	—	4,9	63,8			
14	+0,017	400	—	—	4,7	54,2			
15	+0,014	2180	—	—	5,5	—			
16	-0,003	1050	—	—	4,8	60,1			
					5,1	42,7	2,91	161,50	
						55,5		203,84	

Таблица II  
Времени прохода 100 метровых участков вывальной мощности и скорости движения трактора на газе и керосине при движении с грузом

№ участка	Подъемы и уклоны	Г а з			К е р о с и н			Средн. скор. движен. на газе	Средн. скор. движен. на керосине
		Время прожд. участка	Скор. движен. (рыжжн. скор.)	Тягов. усилие в ктр.	Время прожд. участка	Скор. движен. (рыжжн. скор.)	Тягов. усилие в ктр.		
8	+0,035	2'45"	2,2	2,4	1680	1'12"	5,0	2676	5,3
			3,5	3,5	1610	1'18"	9,2	1900	4,9
9	+0,015	2'0"	3,0	2,6	1540	1'10"	4,6	2040	5,1
			3,5	3,5	1300	1'10"	5,8	1820	5,8
10	+0,008	1'44"	3,5	3,1	1300	1'10"	5,1	1900	—
			3,5	3,5	1350	1'06"	5,8	2180	5,1
11	+0,017	1'50"	3,3	3,0	1350	1'06"	5,4	2180	5,2
			3,5	3,5	1350	1'09"	5,8	2380	5,8



12	+ 0,010	2'13"	$\frac{2,7}{3,5}$	1350	2'40"	$\frac{2,2}{3,5}$	1960	2,5	1'07"	$\frac{5,4}{5,8}$	2425	1'13"	$\frac{4,9}{5,8}$	2320	5,3
13	- 0,028	1'48"	$\frac{3,3}{5,8}$	960	2'15"	$\frac{2,7}{3,5}$	1450	3,0	1'07"	$\frac{5,4}{5,8}$	2180	1'18"	$\frac{4,7}{5,8}$	2180	5,1
14	- 0,017	1'53"	$\frac{3,2}{3,5}$	530	1'56"	$\frac{3,1}{3,5}$	960	3,2	1'07"	$\frac{5,4}{5,8}$	870	1'05"	$\frac{5,5}{5,8}$	400	5,5
15	+ 0,014	2'30"	$\frac{2,4}{3,5}$	1100	2'21"	$\frac{2,5}{3,5}$	1540	2,5	1'12"	$\frac{5,0}{5,8}$	2460	1'15"	$\frac{4,8}{5,8}$	2180	4,9
16	- 0,003	2'31"	$\frac{2,4}{5,8}$	960	2'38"	$\frac{2,3}{5,8}$	1350	2,3	1'09"	$\frac{5,2}{5,8}$	1400	1'10"	$\frac{5,1}{5,8}$	1030	5,1

Фактическая скорость движения трактора на участках, указана в знаменателе графы «скорость движения».

Из таблицы видно, что движение трактора с грузом на газе сопровождалось некоторым падением мощности и скорости трактора, по сравнению с работой последнего — на керосине.

Перевозимый груз трактором, работающим на газе и на керосине по величине мало отличается и составлял в среднем 45 к. б. метр. древесины.

В таблице VI и VII на стр. 53 и 54 произведены подсчеты расхода древесного топлива на сило-час, при чем оно колеблется в пределах 1,39-1,49 кг., а в среднем 1,44 кг. на сило-час. В таблице VIII и IX на стр. 55 и 56 выведен расход энергии в сило-часах, затрачиваемой трактором при работе на керосине за время полного маршрута. Расход энергии в сило-часах при работе на газе колебался 164,43—176,13 или в среднем 170,28, сило часов.

При работе же на керосине затрачивалось 149,38—203,84 сило-часов или в среднем 176,61 сило-час, т. е. величины незначительно отличающиеся друг от друга.

В этих же таблицах приведены данные динамометрирования, из которых видно, что при работе на газе наибольшее наблюдавшееся тяговое усилие при скорости движения 2,2 км. в час составляло 1960 кг., при работе же на керосине на том же участке при движении со скоростью 5,4 км., в час, тяговое усилие составляло 2425 кг.

Имея данные расхода горючего на сило-час как трактором, работающим на газе, так и на керосине, можно будет выявить экономию на топливе.

Стоимость древесного топлива для газогенератора складывается из следующих величин:

Согласно данным (средние по Уралу) стоимость заготовки одного кубического метра дров равна 1 р. 34 коп., вывозка одного кубо-метра — 2 р. 30 коп. Распиловка и расколка на кубики нужных размеров — 2 р., т. е. стоимость одного куб. метра топлива для газогенератора равна  $1,34 + 2,30 + 2,0 = 5$  р. 64 коп. Вес фест-метра дров средней сухости имеем в среднем 700 кг., или стоимость одного килограмма дров равна  $56,4 : 700 = 0,8$  коп., а сило-час, согласно наших вычислений:  $1,44 \times 0,8 = 1,15$  коп. При работе же на керосине на сило-час расходуется 400 г. керосина и 20 г. бензина, при стоимости керосина 10 коп. кг. бензина 28 коп. г., получим  $(0,4 \times 10) + (0,02 \times 28) = 4,0 + 0,56 = 4,56$  коп.

Таким образом экономия на топливе при работе трактора на березовых дровах весьма значительна по сравнению с работой трактора на керосине и может быть ориентировочно определена как снижающая расход топлива в 4 раза, без учета дополнительных расходов за доставку жидкого горючего от линии железной дороги до тракторной базы.



Состав генераторного газа, полученного при испытании газогенератора на тракторе приведен в таблице IX.

Таблица IX

№№ взят. проб.	С о с т а в г а з о в						Теплотворная способность 1 км/час.
	CO <sub>2</sub>	CO	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N	
1	10,0	14,8	6,1	6,5	4,4	58,20	1150
2	12,6	15,3	4,25	13,6	2,4	51,85	1182
3	10,0	13,5	5,5	9,9	4,6	56,50	1142
4	4,8	22,4	3,47	13,5	1,1	54,73	1318
5	8,2	13,4	3,5	12,6	0,5	61,80	1032
Среднее . .	9,12	15,90	4,56	11,2	2,6	56,62	—

Средняя теплотворная способность 1 куб. метра газа  
 $Q_{\text{низ}} = 1185$  кал.

Низшая теплотворная способность 1 кг. дров с 23% влажности

$$Q_{\text{низ}} = 3163 \text{ кал.}$$

Из 1 кг. дров с 23% влажности получается около 2,3 куб. метра генераторного газа. Теплотворная способность всех газов, получившихся из 1 кг. дров

$$2,2 \times 1185 = 2607,0 \text{ кал.}$$

Следовательно, тепловая энергия древесины переходит в газы (к. п. д. газогенератора)

$$h = \frac{2607 \times 100}{3163} = 82,4\%$$

## Выводы

1. Влажность топлива оказывает большое влияние как на процесс газификации, так и на работу двигателя, так как чем больше содержание в дровах влажности, тем ниже температура в основной зоне газогенераторного процесса и тем, следовательно, меньше теплотворная способность получающегося газа. Кроме того,

при употреблении дров с влажностью свыше 25 проц. не исключена возможность попадания воды сконденсировавшейся в очистителях в цилиндры двигателя, что неминуемо сопряжено с остановкой последнего. Поэтому употреблять дрова с влажностью свыше 25 проц. не следует.

2. При газификации дуба с содержанием влажности 11,5 проц. и копытника березы (полуобуглившейся) газы при охлаждении в очистителях полностью не освобождаются от смолистых веществ, часть их проходит газоочистители и поступает в двигатель. Летучая смола, оседая на всасывающих клапанах, постепенно нарушает нормальный ход работы двигателя и, наконец, вызывает его остановку. При работе двигателя на газе из дров с средней влажностью этого явления не наблюдается. Следовательно, некоторое содержание в дровах влажности при ее конденсации в газоочистителях способствует лучшей очистке газов от смолистых веществ. Это замечание справедливо для работы стационарного газогенератора. При работе же двигателя на газе полученном из дров с влажностью от 22 до 30 проц., в газогенераторе установленном на тракторе налет смолистых веществ обыкновенно отсутствует.

Это обстоятельство указывает, что при стационарной установке газогенератора процесс газификации дров происходит неравномерно, образуются конусы выгорания топлива, через которые больше проходит газа и меньше, следовательно, смолы подвергается Крекингу. При работе газогенератора во время движения трактора происходит сотрясение и шихта в газогенераторе распределяется равномерно. Образующиеся парогазовые продукты в верхних зонах газифицируемого топлива равномерно проходят через все поперечное сечение основной зоны газогенераторного процесса и, соприкасаясь с раскаленным углем, вступают с ним в химическое взаимодействие с образованием горючих газов.

Кроме того, в лабораторных условиях двигатель работал без нагрузки, благодаря чему всасывающая способность двигателя газов из газогенератора и воздуха для газификации была пониженная, по сравнению с работой газогенератора установленного на тракторе.

3. При испытании газогенератора температура в основной зоне, газогенераторного процесса колебалась от 1075° при работе на сырых дровах до 1200 на сухих. При работе на копытнике температура достигала до 1350° Ц, после чего испытание газогенератора пришлось приостановить, т. к. исследуемый газогенератор не предназначен для газификации при высоких температурах, при которых может пострадать конус над решеткой. Поэтому



при работе газогенератора на таких сортах топлива, при которых получается высокая температура, необходимо, чтобы конус над решеткой был изготовлен из специальной жароупорной стали.

4. Теплотворная способность 1 куб. метра газа полученного в лаборатории при газификации сухой древесины выше, чем из влажной древесины в  $1394/1050 = 1,33$  раза, т. е. на 33 проц., а газа из копытника на 40 проц.

Теплотворная способность газа полученного из смеси сырых дров с древесным углем составляет 1252 кал. м<sup>3</sup>, т. е. разница всего на 10 проц. по сравнению с газом из сухой древесины.

Следовательно, добавка древесного угля к сырой древесине улучшает работу двигателя и повышает теплотворную способность газа приблизительно на 23 проц. по сравнению с сырой древесиной.

Из данных таблицы IX видим, что среднее содержание кислорода в газе, полученном при газификации дров с влажностью 23,5 проц. в газогенераторе, установленном на тракторе, несколько больше, а теплотворная способность 1 куб. метр, газа ниже, чем газа, полученного при лабораторных испытаниях из дров с влажностью 11,5 проц. (см. табл. III). Это обстоятельство указывает, что при стационарной установке газогенератора и без полной нагрузки двигателя, благодаря пониженной всасывающей способности его в газогенератор поступало воздуха меньше, чем при работе газогенератора на тракторе. Процесс газификации на стационарной установке в лаборатории происходит при пониженной температуре в основной зоне газогенераторного процесса. Образующиеся при процессе разложения древесины в верхних зонах газогенератора смолистые вещества не сгорают и не разлагаются полностью, а проходят через зону горения в неизменном состоянии.

Понижение процента содержания горючих составляющих газ, а, следовательно, и теплотворной способности 1 км. газа, произошло за счет увеличения содержания в газе азота и кислорода. Однако, общее количество газов из единицы топлива и коэффициент полезного действия газогенератора при испытании газогенератора на тракторе вследствие полного разложения и сгорания парообразных веществ в зонах горения и газификации должны получиться больше, чем при испытаниях в лаборатории. Так, например, коэффициент полезного действия газогенератора при работе на тракторе при газификации дров с 23 проц. влажности получился 82,4 проц., а при работе в лаборатории при газификации дров с влажностью 11,5 проц. - 79 проц. и с влажностью 32—70 проц., т. е. на тракторе к. п. д. газогенератора получился

на 4,3 проц. выше, чем при работе в лаборатории на дровах с влажностью 11,5 проц. и на 18 проц. выше, чем при работе на дровах с влажностью 32 проц. Это повышение к. п. д. происходит за счет разложения смолистых веществ и водяных паров в основной зоне газогенераторного процесса, благодаря чему при газификации дров на тракторе выход газа из единицы веса древесины выше, чем в лаборатории.

5. Для газификации необходимо употреблять дрова твердых лиственных пород, т. к. в единице объема древесины твердых пород при одинаковом процентном содержании влажности содержится тепловой энергии больше, чем в единице объема мягких пород приблизительно по ели 30 проц. и сосне на 25 проц.

При испытании трактора на древесном генераторном газе при лесоперевозках в качестве горючего употреблялась только березовая древесина; при дальнейших испытаниях будет исследована работа трактора и процесс газификации древесины на других видах древесины твердых лиственных пород.

6. В условиях Урала применение в качестве горючего древесного генераторного газа из дров для двигателей внутреннего сгорания на тракторах, работающих по перевозке лесоматериалов является экономически выгодным по сравнению с работой тракторов на жидком топливе, устраняются затруднения в снабжении лесозаготовительных участков топливом и при перевозке лесоматериалов на топливе создается экономия. Как упоминалось, стоимость горючего для перевозок 100 куб. м. древесины на расстоянии 1 км. при работе трактора на бензине выражается в 2,15 руб., а на дровах 0,512 руб., т. е. на дровах в 4 раза ниже, чем на керосине.

7. Испытанный газогенератор Берлие системы Эмбер-де-Дитрих и К-о можно рекомендовать для тракторов Клетрак 40 НР, вследствие простоты монтажа на нем всей газогенераторной установки и минования надобности в переделке цилиндров, хотя постановку новой головки с повышенной степенью сжатия следует считать крайне желательной.

8. Полученные данные по эксплуатации трактора на древесном топливе нуждаются в дальнейшем уточнении потери мощности.

Надо полагать, что показатели по последней, при употреблении древесины с влажностью 15-18 проц. и при повышении степени сжатия до 6—7 будут значительно лучше.

9. Данная работа является первой частью работы, которую производит УНИЛИ по испытанию тракторов на древесном топливе.



В дальнейшей детальной проработке этой темы, при испытании газогенераторов этого и других типов будут выяснены: газ, увеличение скорости движения и тяговой мощности, увеличение степени влажности, повышающей мощность мотора и распределение температуры в различных зонах по высоте слоя газифицируемого топлива.

10. Однако, имеющиеся уже данные дают возможность высказаться о необходимости немедленного изготовления небольшого количества своих газогенераторов с тем, чтобы после их широкого испытания можно было приступить к массовому изготовлению газогенераторов, с целью применения их для тракторов и грузовиков, работающих на лесозаготовках.

---