

Н К С М — С С С Р

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ СОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ АВТОТРАКТОРНЫЙ ИНСТИТУТ
„Н А Т И“

На правах рукописи.

ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫЙ
ОТДЕЛ.

Значение размеров камеры газификации древесного газогенератора.

Директор НАТИ А. Г. Вовк.

Главный инженер В. Н. Лялин.

Отдел Технической Информации.

г. Москва

1945 г.



О Г Л А В Л Е Н И Е

| | Стр. |
|--|------|
| 1 Влияние размеров камеры газификации на мощность двигателя . . . | 5 |
| Газогенераторы с укороченной высотой камеры | 21 |
| 3 Наивыгоднейшие соотношения между основными размерами камеры газификации | 31 |
| 4 Гидродинамическое сопротивление реакционного слоя топлива в камере газификации | 48 |

АННОТАЦИЯ .

Обширными экспериментальными данными установлено - влияние размеров камеры газификации на мощность двигателя. В качестве иллюстрации высокоскоростного процесса в транспортном газогенераторе описано развитие конструкции камеры с уменьшенной высотой слоя топлива, проверенной в опытной эксплуатации.

На основе опытных данных, характеризующих работу различных камер, и систематизированных сведений о размерах камер, оправдавших себя в эксплуатации, предложены эмпирические формулы для конструктивного расчета камеры газификации типа "Имберт". Кроме того, выведены формулы для определения сопротивления слоя топлива в камерах различной конфигурации в зависимости от их размера и от расхода рабочей смеси, поступающей в двигатель.

I. ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ КАМЕРЫ ГАЗИФИКАЦИИ НА МОЩНОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ

Одной из наиболее существенных задач, не разрешенных до сего времени в транспортных газогенераторах, является задача о наиболее выгодном соотношении между размерами камеры газификации и мощностью двигателя, для которого предназначается данный газогенератор. Решение такой задачи сопряжено с рядом трудностей, которые возникают в процессе как экспериментального, так и аналитического изучения этого вопроса.

При газификации битуминозного топлива требуется соблюдение двух следующих условий:

1. Достижения наибольшей мощности двигателя, а следовательно наилучшего качества газа при незначительном сопротивлении реакционного слоя топлива в камере газификации.

2. Содержание смолы в газе, поступающем в двигатель, не должно превышать допустимую норму /около 0,4 г/м³ газа/.

Чтобы несколько осветить вопрос о влиянии размеров камеры газификации на эффективную мощность двигателя, приведем некоторый опытный материал, полученный в лаборатории НАТИ при изучении теплового процесса в экспериментальной газогенераторе /фиг. I/. Газогенератор имел переменную высоту реакционного слоя топлива и набор цилиндрических камер газификации трех различных диаметров: 120, 200 и 230 мм. Высота слоя изменялась путем перемещения колошниковой решетки.

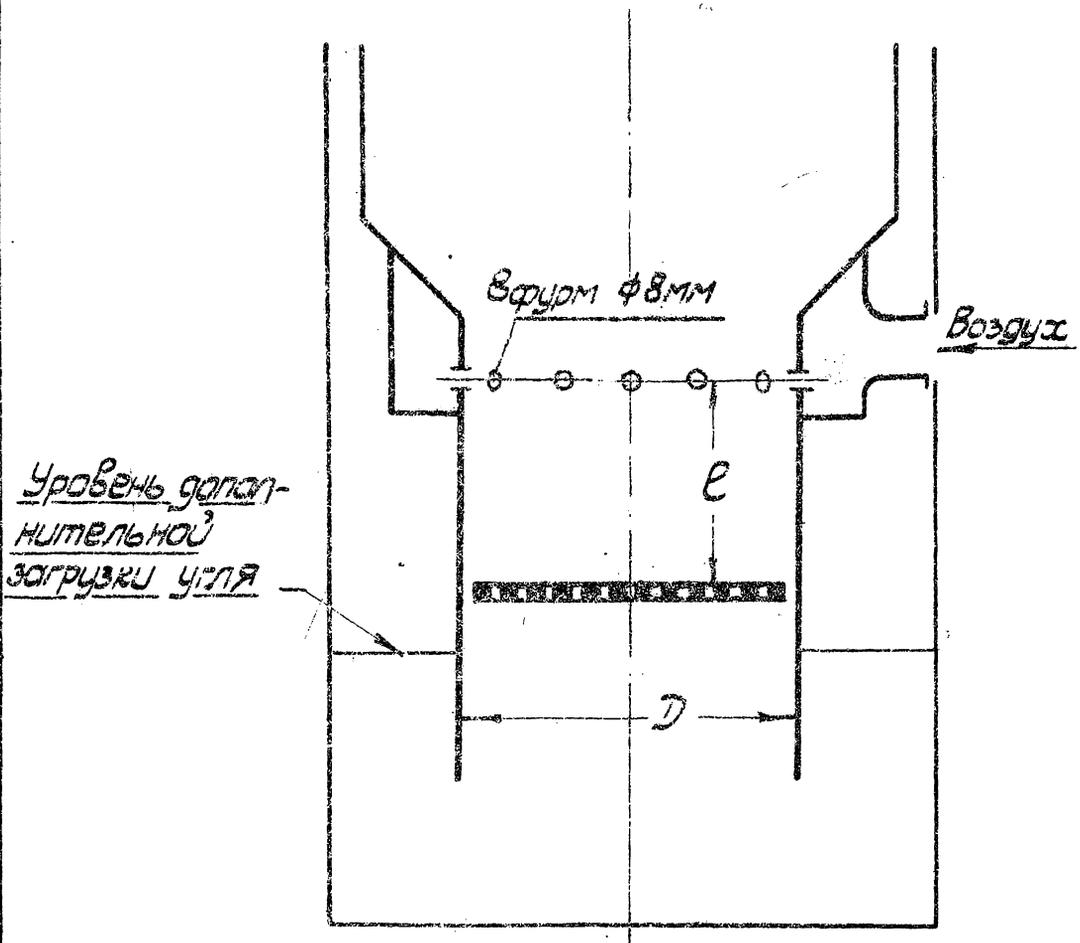
Генераторный газ содержит в единице своего объема запас химической энергии, обусловленный с одной стороны интенсивностью шельпроцесса, протекающего в бункере без доступа воздуха, и с другой - собственно газогенераторным процессом, происходящим в камере при воздействии кислорода воздуха. Поэтому конфигурация камеры, при работе на битуминозных топливах, не является единственным фактором, определяющим качество генераторного газа. В этом, главным образом, и состоит трудность выделить **СОБСТВЕННОЕ ВЛИЯНИЕ** конструкторских параметров камеры на ход газогенераторного процесса и качество производимого газа, когда речь идет не об угле /коксе/, а о битуминозном топливе, содержащем летучие.

а/ Влияние расхода рабочей смеси

Рассмотрим метод, при помощи которого, замерами эффективной мощности на стенде удастся оценить качество рабочей смеси, поступающей в двигатель.

Индикаторную мощность двигателя, работающего на генераторном газе, можно представить следующей формулой.

Схема экспериментального газогенератора



$$N_i = N_e + N_R = \eta_i h_u V_c \rho c \dots \dots \dots /I/$$

- где η_i - индикаторный коэффициент полезного действия.
 h_u - низшая теплотворная способность рабочей смеси в кал/м³.
 V_c - часовой расход рабочей смеси в м³/час.
 N_e - эффективная мощность двигателя в л.с.
 N_R - мощность трения в л.с.

На фиг.2 представлена произвольно взятая кривая

$$N_e = f(V_c)$$

эффективной мощности двигателя, как функции расхода смеси при условии, что число оборотов вала постоянно.

Следовательно, это изменение мощности достигается путем различного дросселирования. По мере уменьшения расхода смеси V_c эффективная мощность N_e уменьшается и в точке "М" холостого хода - равна нулю. Сама же кривая

$$N_e = f(V_c)$$

должна идти в точку O' , лежащую ниже оси абсцисс на величину мощности трения N_R , которая обычно не зависит от нагрузки. Поэтому, соединив прямой какую-либо точку "Е" на кривой $O' ME$ с точкой O' , получим, что

$$N_e + N_R = V_c \operatorname{tg} \beta;$$

следовательно, уравнение /I/ будет иметь вид;

$$\eta_i h_u V_c = V_c \operatorname{tg} \beta; \text{ или } \eta_i h_u = \operatorname{tg} \beta$$

Согласно опытам Рикардо индикаторный к.п.д. при переменной нагрузке остается практически постоянным, если опережение зажигания оптимально.

Поэтому выражение

$$\eta_u = \frac{z \rho \beta}{\eta_i} \dots \dots \dots /2/$$

можно формулировать так: теплотворная способность рабочей смеси, практически, прямо пропорциональна тангенсу угла наклона прямой, проведенной из нуля индикаторной мощности в ту точку кривой $N_e = f(V_c)$, для которой выявлена теплотворная способность.

Если теплотворная способность смеси при изменении ее расхода остается ПОСТОЯННОЙ или МЕНЯЕТСЯ незначительно, то в уравнении /1/ можно принять

$$\eta_i \eta_{uc} = K = const \dots \dots \dots /3/$$

Тогда уравнение примет вид

$$N_e + N_R = K V_c$$

откуда

$$N_e = K V_c - N_R \dots \dots \dots /4/$$

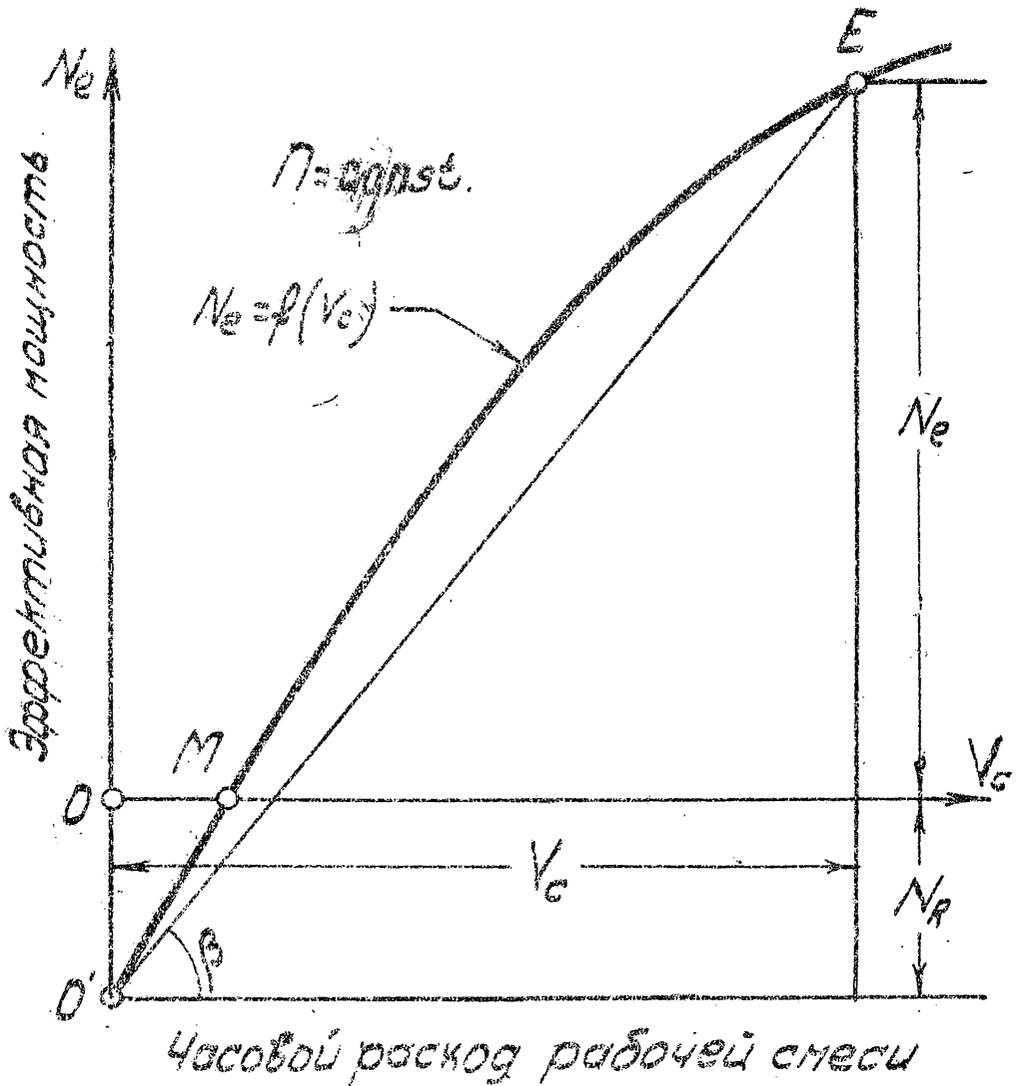
Таким образом, при постоянной теплотворной способности рабочей смеси, изменения эффективной мощности, вызванное дросселированием, следует уравнению прямой. Угол, образуемый этой прямой с осью абсцисс, характеризует теплотворную способность рабочей смеси при всех ее расходах.

Пусть при работе двигателя в холостую часовая расход смеси составляет V_c' м³/час - величину, которую легко замерить /отрезок OM на фиг. 2/, тогда, согласно уравнению /4/

$$D = K V_c' - N_R$$

Эффективная мощность при дросселировании, как функция расхода рабочей смеси

- M - точка холостого хода
- O - нуль эффективной мощности
- O' - нуль индикаторной мощности.



откуда мощность трения

$$N_R = K V_c' \text{ л.с.} \quad \dots \dots \dots 15/$$

Окончательно эффективная мощность

$$N_e = K (V_c - V_c') \text{ л.с.} \quad \dots \dots \dots 16/$$

Не трудно понять, что индикаторная мощность

$$N_i = K V_c \text{ л.с.} \quad \dots \dots \dots 17/$$

Таковые приближенные значения N_R , N_e и N_i в зависимости от расхода рабочей смеси при условии постоянства ее качества и неизменности числа об/мин. вала двигателя.

На фиг. 3 приведены кривые изменения эффективной мощности двигателя ГАЗ-42 в зависимости от расхода рабочей смеси V_c м³/час. Опыты проводились с камерой наименьшего диаметра - 120 мм и при высоте реакционного слоя от 35 до 305 мм /не считая дополнительной досыпки угля вокруг стенок камеры согласно фиг. 4/. Топливом служили березовые чурки абсолютной влажностью $W = 12-13\%$.

Число оборотов вала поддерживалось постоянным и равнялось 1500 в мин. Каждая точка представляет среднее из шести замеров мощности на протяжении четверти часа.

Из диаграммы видно, что всю группу точек можно распределить между четырьмя кривыми. Все кривые направлены к одному центру, лежащему ниже координат. Большинство точек, соответствующих высоте слоя в 125, 215, 305 мм и с дополнительной досыпкой угля /д.у./ укладываются на две прямые, проходящие сверху, и отвечают, следовательно, выведенным выше закономерностям 5/, 6/ и 7/. Наилучшее качество смеси имеет место при высоте реакционного слоя, равной 215, 305 мм и с дополнительной засыпкой угля. Высота реакционного слоя в 35 мм явно недостаточна; в этом случае при увеличении расхода смеси выше 60 м³/час происходит резкое ухудшение качества газа, что видно по загибу кривой мощности двигателя.

Зависимость эррективной мощности двигателя ГАЗ-42 от расхода рабочей смеси при различных положениях колосниковой решетки. $\Pi = 1500$ об/мин. Диаметр камеры 120 мм. 7 фурм $\phi 8$ мм.

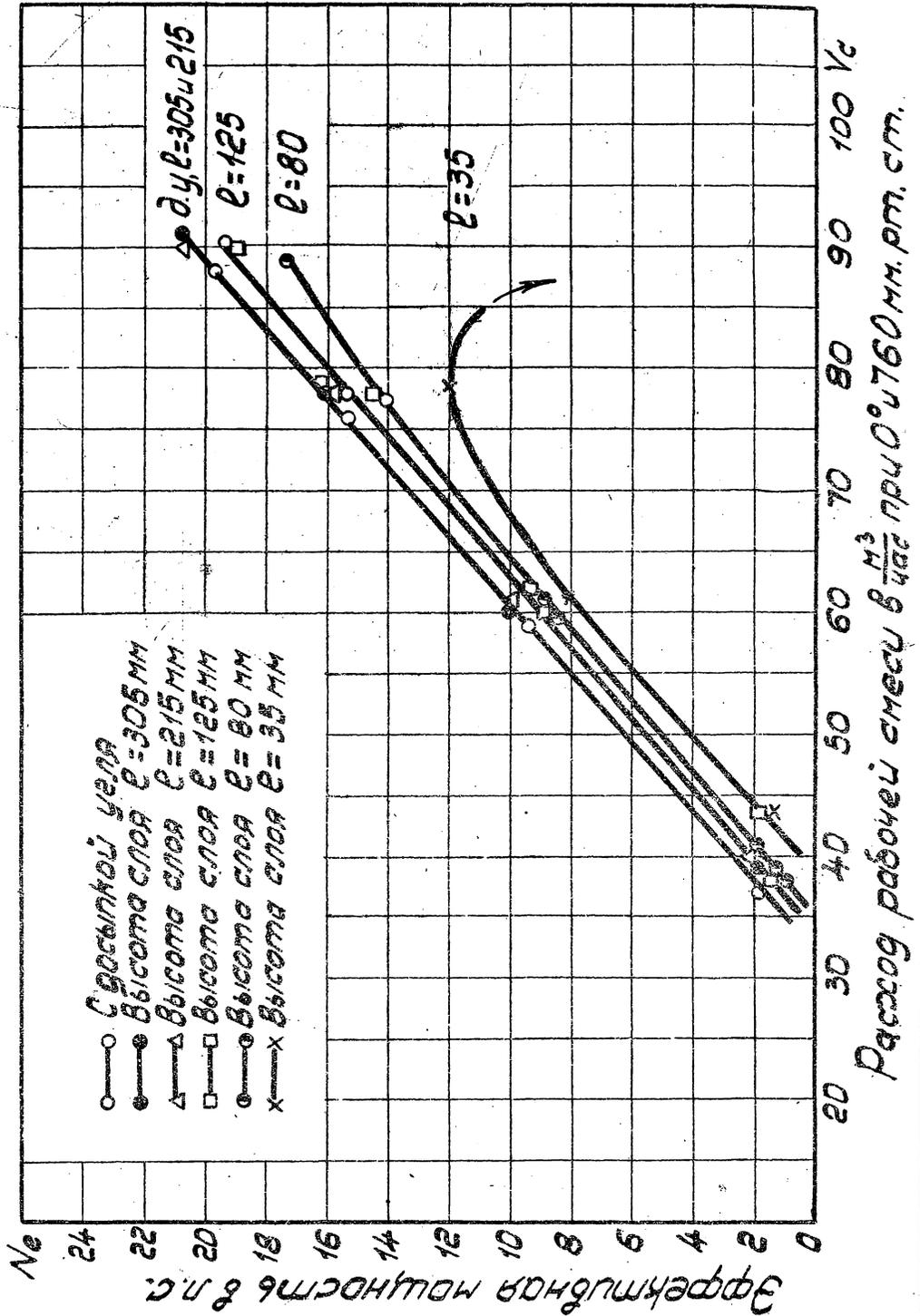
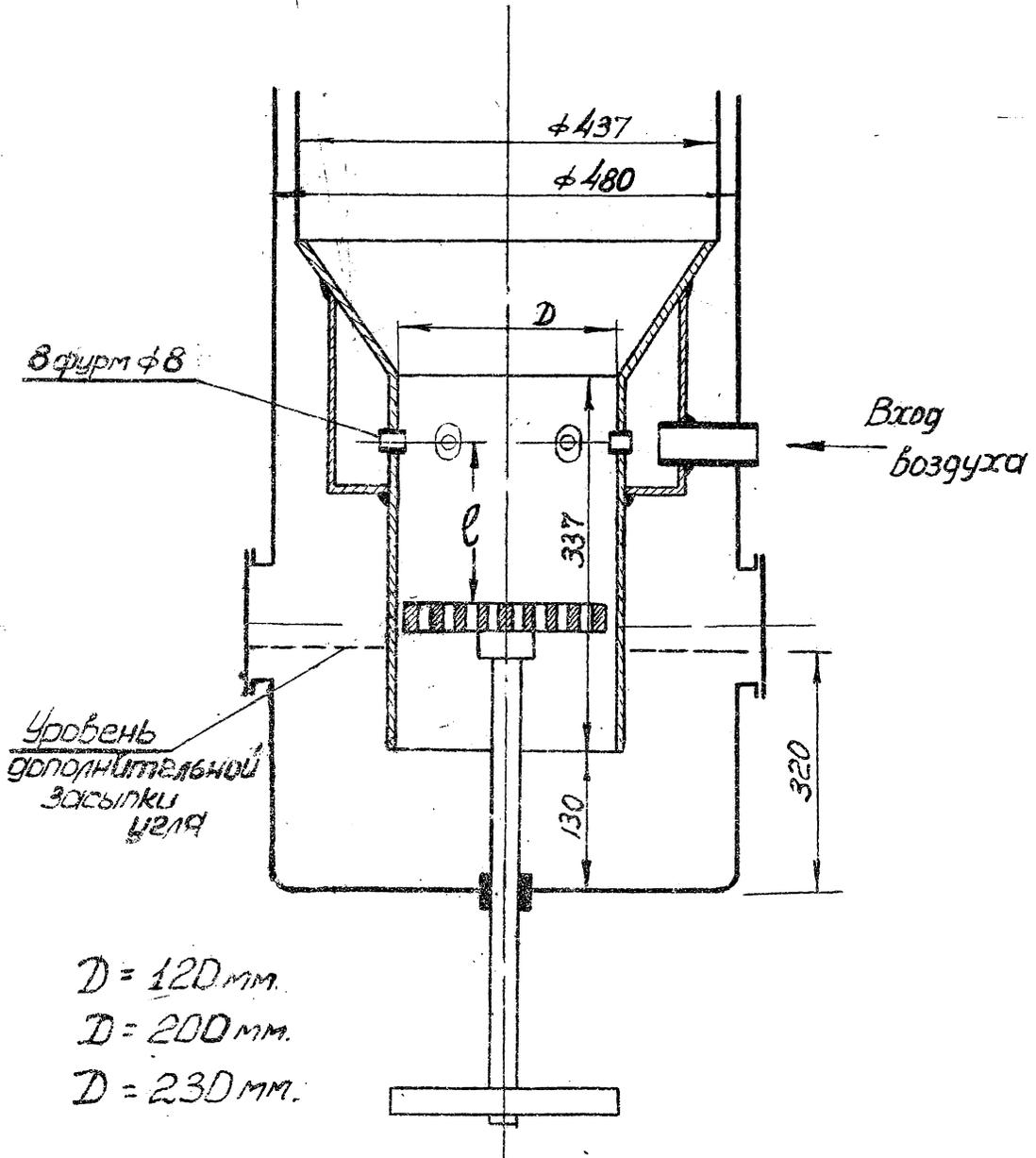


Схема экспериментального
газогенератора с переменной высотой
редукционного слоя топлива



Аналогичные данные для камер большего диаметра /200 и 230 мм/ приведены на фиг.5 и 6. Здесь уже не наблюдается для малой высоты реакционного слоя такого резкого снижения качества смеси при увеличении ее расхода, как у камеры \varnothing 120 мм. В остальных кривые имеют тождественное протекание.

В таблице I сведены значения углового коэффициента "К", пропорционального теплотворной способности рабочей смеси, и даны ее расходы при холостом ходе двигателя, когда $n = 1500$ об/мин. Во всех случаях мощность трения $\frac{1}{2}$ была равна 12,2 л.с.

Таблица I

Влияние размеров камеры газификации на расход рабочей смеси при холостом ходе двигателя ГАЗ-42 и при 1500 об/мин.

| Диаметр камеры в мм | 120 | | 200 | | |
|------------------------------|-------------------------|-------|--------------------|-------|------------------|
| | Высота слоя l в мм | 125 | 215 305 Д.У. | 35 | 80 125 215 |
| К л.с. час м ³ | 0,350 | 0,362 | 0,333 | 0,363 | 0,388 |
| V_c м ³ /час | 34,9 | 33,7 | 36,7 | 33,6 | 31,5 |

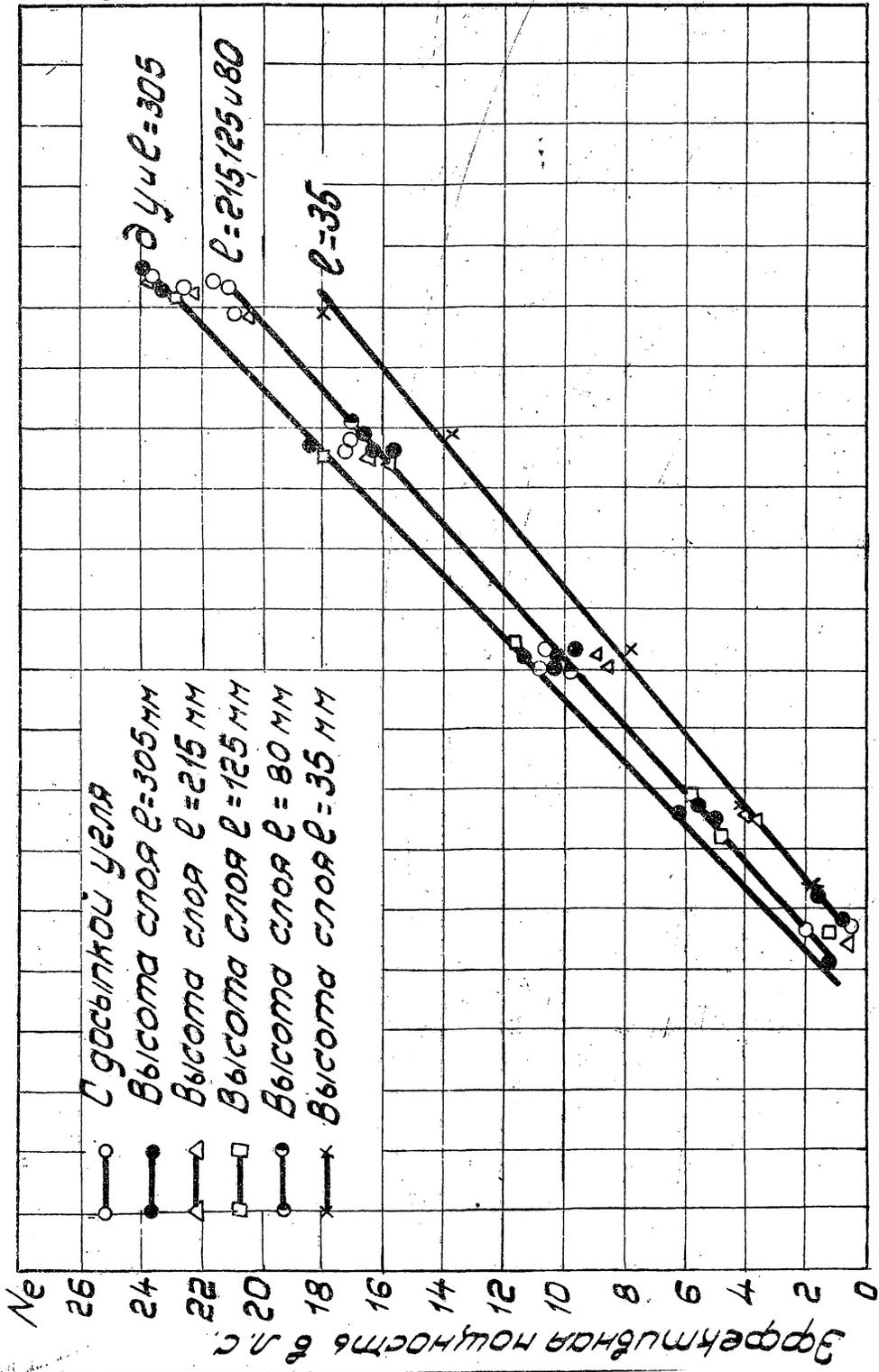
Таблица показывает, что качество смеси /К/ повышается по мере увеличения слоя топлива, а расход смеси / V_c /, потребный для работы двигателя вхолостую, при этом снижается.

б/ Влияние высоты реакционного слоя топлива.

Если величины непосредственных замеров мощности, нанесенные на фиг.3, 5 и 6 скорректировать по одному какому-либо расходу смеси, то тогда мощность двигателя можно будет представить только, как функцию высоты реакционного слоя. Результат такой обработки показан на фиг.7. Для трех расходов смеси, равных 60, 75 и 90 м³/час, и различных диаметров камеры мы видим одинаковую закономерность изменения эффективной мощности.

Все кривые фиг.7 указывают, что мощность двигателя возрастает особенно быстро при увеличении высоты слоя на участке от уровня фурм до расстояния, примерно равного 80-100 мм. Это неоспоримо подтверждает нашу точку зрения о

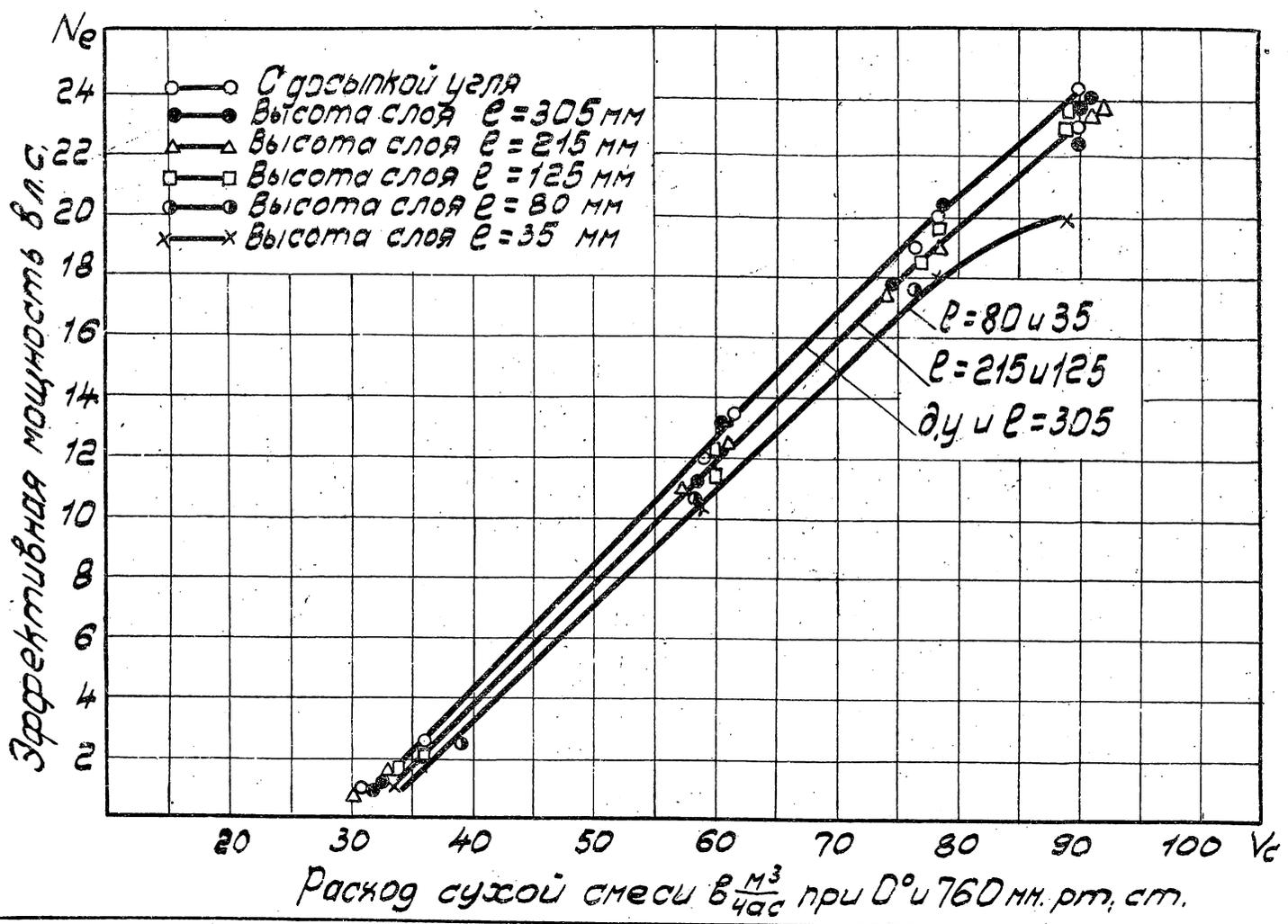
Зависимость эффективной мощности двигателя ГАЗ-42 от расхода рабочей смеси при различных положениях колосниковой решетки. $n=1500$ об/мин. Диаметр камеры 200 мм, 8 фурм ϕ 8 мм.



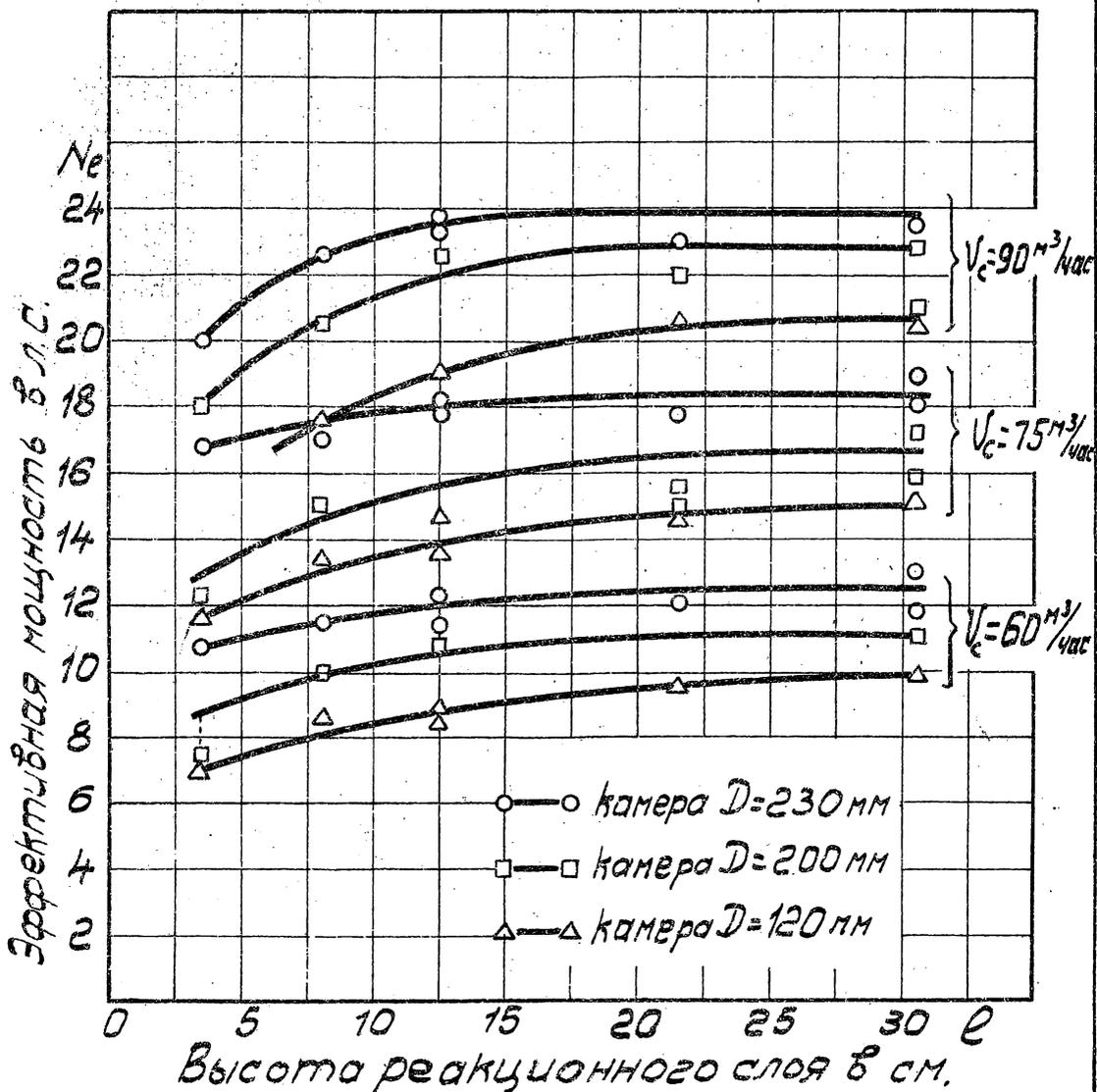
Расход работы смеси $\frac{M^3}{ч}$ при D° и 760 мм рт. ст.

Эффективная мощность в л.с.

Зависимость эффективной мощности от скорости вращения ГАЗ-42 от расхода рабочей смеси при различных положениях колосни-
 кобой решетки. $n=1500$ об/мин.
 Диаметр камеры 230 мм,
 в фург. Ф 8 мм.



Влияние высоты реакционного слоя топлива на эффективную мощность двигателя ГАЗ-42 при $n = 1500 \text{ об/мин.}$



том, что в транспортных газогенераторах, при фурменном подводе воздуха, процесс газификации в основном завершается в непосредственной близости от фурмы.

Исключительный интерес представляет впервые проведенный эксперимент, доказавший полную возможность работы автомобильного двигателя при высоте реакционного слоя в 35 мм. Этот факт поражает еще тем, что двигатель неограниченное время развивал 20 л.с., т.е. 84% от мощности, соответствующей полной высоте реакционного слоя топлива в камере. Только при камере диаметром 120 мм высота слоя в 35 мм является недостаточной для работы двигателя под нагрузкой, когда расход смеси повышен до 90 м³/час.

Согласно кривым /фиг.7/ увеличение высоты слоя свыше 100-125 мм способствует сравнительно небольшому приросту мощности, причем для каждого диаметра существует свой предел целесообразного увеличения высоты слоя. Чем больше диаметр камеры, тем раньше этот предел наступает; однако, уменьшение диаметра камеры нельзя полностью компенсировать увеличением высоты слоя. Наибольшая мощность получается при наибольшем диаметре камеры.

Чтобы вскрыть закономерность изменения эффективной мощности в зависимости от высоты слоя, отложим в системе координат для ряда кривых /фиг.7/ величины, обратные

$\frac{1}{N_e}$ и $\frac{1}{e}$. Тогда /см.фиг.8/ можно заметить, что

через построенные точки удается провести прямые, наклон и расположение которых зависят от расхода смеси и диаметра камеры. Ни одна прямая не проходит через начало координат и поэтому удовлетворяет уравнению

$$\frac{1}{N_e} = a \frac{1}{e} + b \dots \dots \dots /8/$$

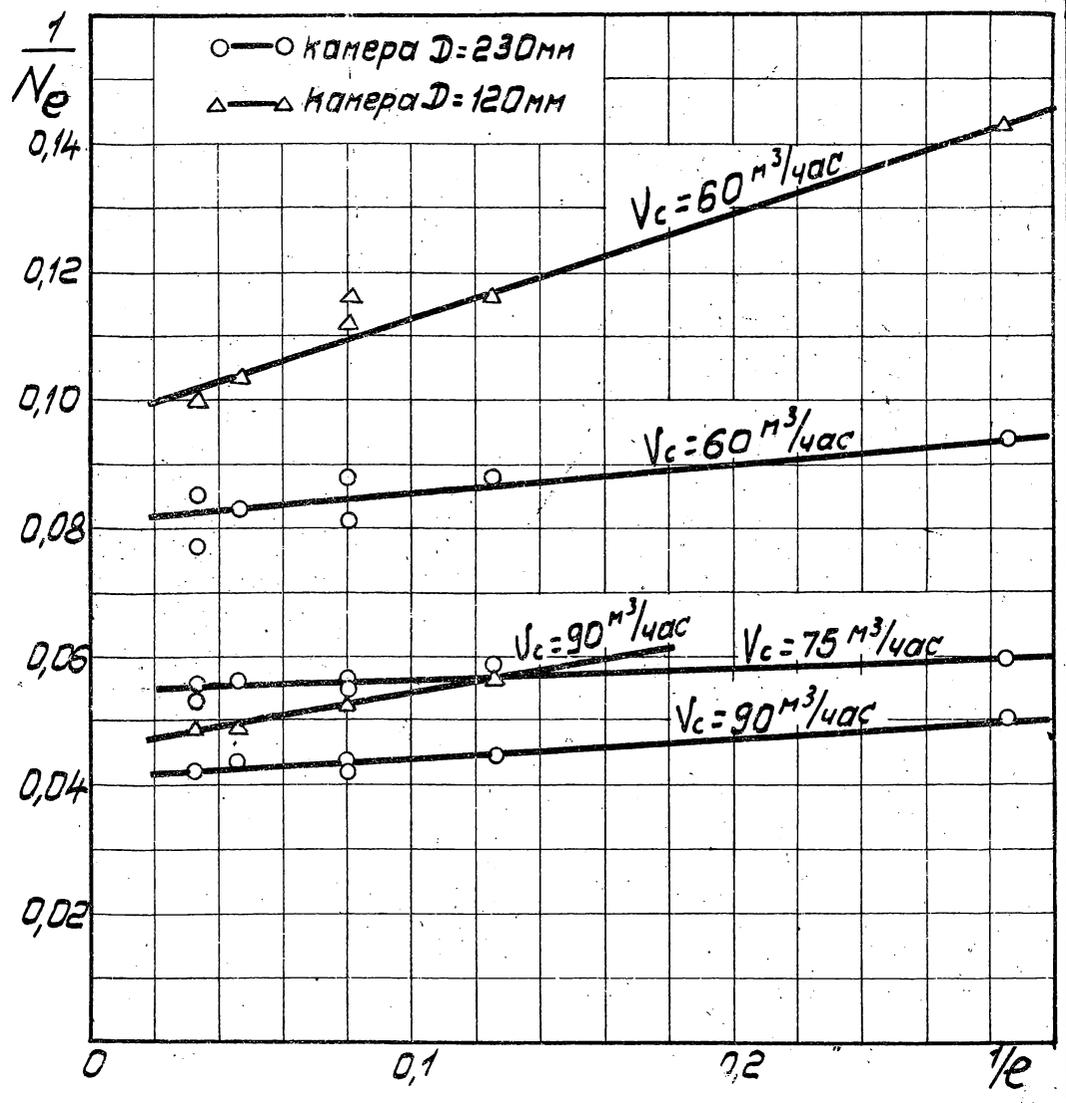
где a - угловой коэффициент прямой,

b - постоянный член, представляющий ординату пересечения прямой с осью $\frac{1}{N_e}$

Если принять, что в пределе, когда высота слоя топлива бесконечно велика, мощность должна быть максимальной, то согласно уравнению /8/

$$\frac{1}{N_{e \max}} = a \frac{1}{\infty} + b$$

Зависимость между величинами, обратными эффе́ктивной мощности двигателя ГАЗ-42 при $n=1500$ об/мин. и высоте реакционного слоя топлива.



Отсюда, при бесконечном увеличении высоты слоя мощность получает конечное значения

$$N_{e \max} = \frac{1}{\beta} \text{ л.с.}$$

Таким образом, уравнению 8 можно придать вид:

$$\frac{1}{N_e} = \frac{a}{\beta} + \frac{1}{N_{e \max}} \dots \dots \dots /9/$$

Когда высота слоя $l = 0$

$$\frac{1}{N_e} = \frac{a}{0} + \frac{1}{N_{e \max}} = \infty, a N_e = 0$$

Следовательно, кривые, изображенные на фиг. 7 должны идти в начало координат, а это вполне возможно, если учесть, что для работы двигателя вхолостую ($N_e = 0$) ему достаточно одиник только газов сухой перегонки, выделяющихся в бункере.

Согласно уравнению /9/ эффективная мощность связана с высотой реакционного слоя гиперболическим законом.

в/ Влияние объема и диаметра камеры газификации.

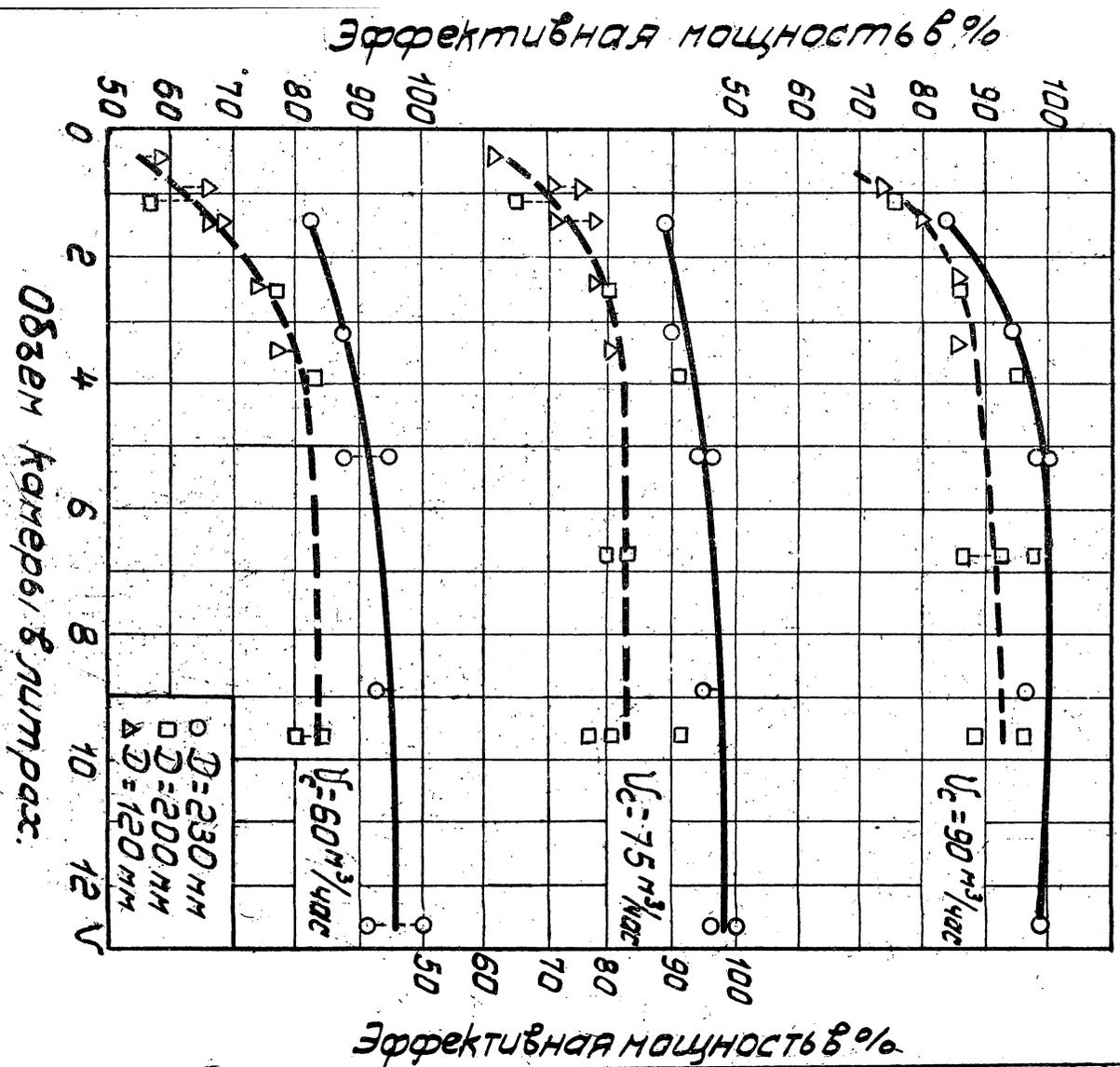
Время пребывания газа, в реакционном слое топлива, прямо пропорционально объему камеры при прочих равных условиях. Поэтому интересно рассмотреть влияние последнего параметра на мощность двигателя.

На фиг. 9 представлен приведенный выше опытный материал, но в иных координатах. По оси абсцисс отложен объем цилиндрической камеры, а по оси ординат - эффективная мощность, выраженная в процентах от ее наибольшего значения для каждого расхода смеси. В этих координатах влияние размеров камеры оценивается универсальным параметром - объемом камеры.

Изменение мощности при увеличении объема камер с диаметрами 120 и 200 мм происходит практически одинаково. Камера же диаметром 230 мм для всех расходов смеси представляет исключение. Судя по кривым, предел целесообразного увеличения объема для камер всех диаметров примерно один и тот же. Он составляет около 4-5 литров при расходе смеси от 60 до 90 м³/час.

Максимальная мощность при одиник и тех же объемах камеры получается для камеры большего диаметра, равного 230 мм. Увеличение мощности с ростом только одного диаметра камеры следует объяснить не столько ходом основного процесса газификации, происходящего у фурн, сколько поведением продуктов сухой перегонки, образующихся в бункере. Дело в том, что при увеличении диаметра камеры центральная часть ее стано-

Зависимость эффективной мощности от объема камеры газ-42 при $n=1500$ об/мин.
от объема камеры газификации.



вится трудно достижимой как для кислорода воздуха, так и для раскаленных продуктов сгорания топлива, происходящего перед фурмами. Температура в центре такой камеры понижается. Следовательно, та часть высококалорийных газов сухой перегонки и смол, которая проходит через центральную зону камеры, в меньшей степени способна сгорать с кислородом воздуха или крекироваться в условиях высокой температуры. В результате этого, в камере увеличенного диаметра продукты сухой перегонки, не изменившись химически, смешиваются с газом основного процесса и повышают этим его калорийность и мощность двигателя. Подтверждением такой точки зрения могут служить анализы смолосодержания в газе, производившиеся в этих же опытах. Согласно замерам при увеличении диаметра цилиндрической камеры содержание смолы в газе возрастает.

Если в камере большого диаметра создать специальные условия, при которых пары смолы и газы сухой перегонки будут сгорать или крекироваться, то мощность двигателя уменьшится и ЭТА КАМЕРА УТРАТИТ СВОЕ КАЖУЩЕЕСЯ ПРЕИМУЩЕСТВО. На фиг. 10 показано такое падение мощности для камеры диаметром 230 мм, вызванное наличием горловины. Смола и газы сухой перегонки при этом сгорают и крекируются в значительно большей мере, нежели без горловины.

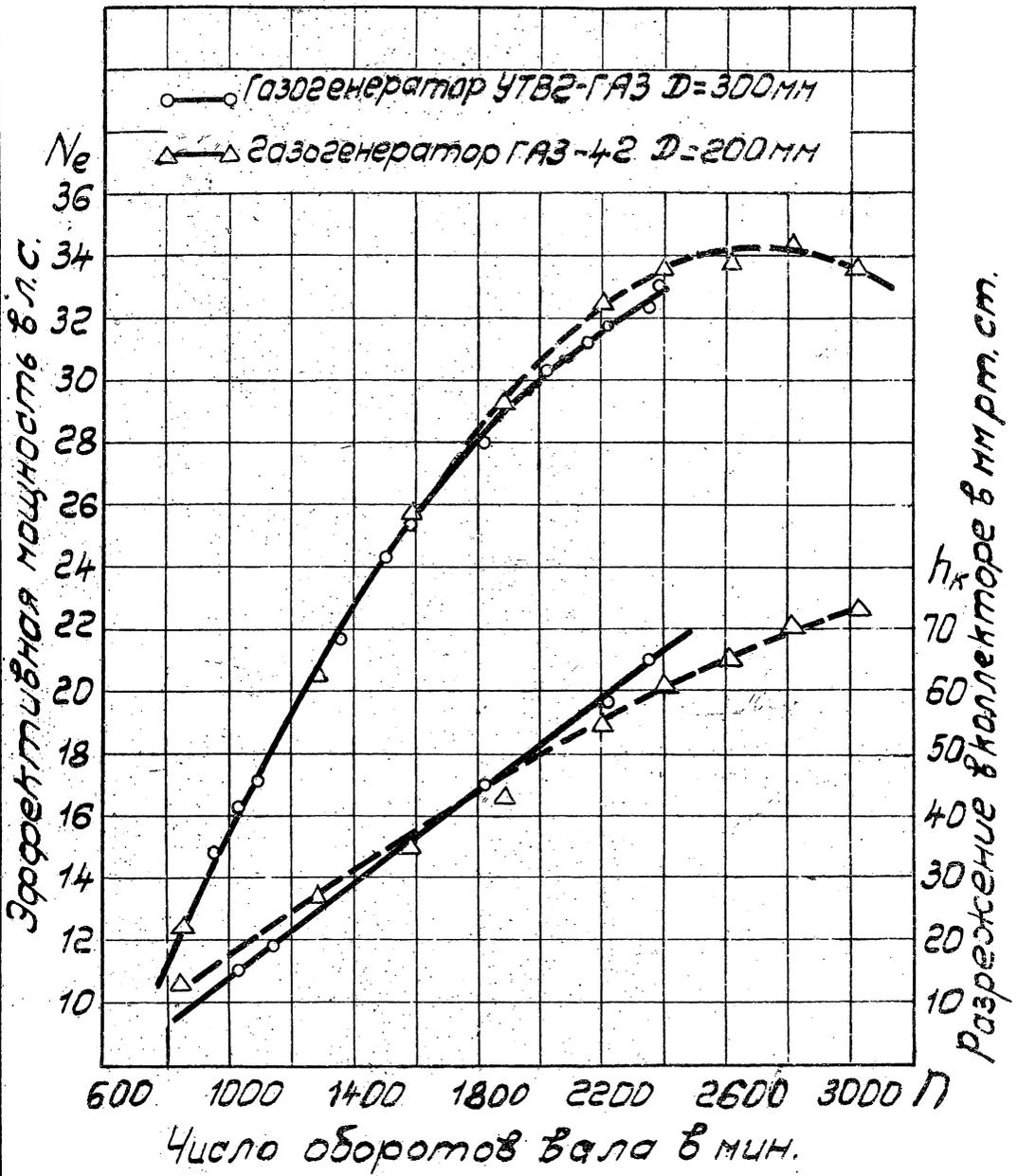
Другим примером может служить упрощенный топливник инж. Д. И. Высотского /УТВ-2/, где появление смолы в газе в связи с большим диаметром фурменного пояса, /300 мм/ устраняется при помощи горловины очень малого диаметра /82 мм/, которая располагается близко к фурмам. Судя по внешним характеристикам двигателя М-1 /фиг. 11/, из которых одна снята с этим газогенератором, а другая - со стандартным ГАЗ-42, имеющим диаметр фурменного пояса 200 мм, обе камеры практически равноценны в отношении качества газа и мощности двигателя.

Преимуществами камеры большого диаметра являются: возможность работы на чурках увеличенного размера и малая температурная напряженность стенок, способствующая большому сроку службы камеры. Недостатки такой камеры заключаются в отложении угольной пыли над горловиной и в частом засорении малого отверстия горловины этой угольной пылью.

2. ГАЗОГЕНЕРАТОРЫ С УКОРОЧЕННОЙ ВЫСОТОЙ КАМЕРЫ

Описанные лабораторные работы с экспериментальным газогенератором имели много общего с практическими изысканиями, проведенными в НАТИ несколько раньше при создании опытных газогенераторов НАТИ-10 и НАТИ-11, предназначенных для автомобилей ЗИС-5 и ГАЗ-АА. Построенные в 1935 г. первые образцы этих газогенераторов оказались несовершенными, так как нижняя часть камеры газификации сравнительно быстро засаривалась угольной пылью, вследствие чего сопротивление газогенератора

Внешние характеристики двигателя М-1 при работе с газогенераторами, снабженными камерами газификации диаметром 200 и 300 мм.



значительно возрастало и через 300-400 км требовалась перезарядка газогенератора. Позднее выяснилось, что причиной этому было наклонное расположение фурм, благодаря чему центр активного горения оказывался удаленным от горловины. В то время в целях борьбы с этим явлением было решено применить колосниковую решетку так, чтобы газ проходил через нее. Колосниковая решетка таким образом предназначалась для отделения от кусков угля угольной мелочи и золы, которые должны были собираться в зольнике под решеткой и периодически извлекаться оттуда.

В первом варианте к нижнему конусу камеры газогенератора НАТИ-10 /фиг. 12/ был приварен цилиндрический пояс, оканчивающийся решеткой из листовой стали, имеющей круглые отверстия диаметром 10 мм. Цилиндрический пояс был введен для сохранения объема реакционной зоны топлива по образцу тракторных газогенераторов.

Испытания, проведенные после этих изменений, показали, что через 100 км пробега автомобиля отверстия решетки засариваются кусочками угля и попрежнему повышают сопротивление газогенератора. Увеличение диаметра отверстий до 12 мм не устранило этот недостаток.

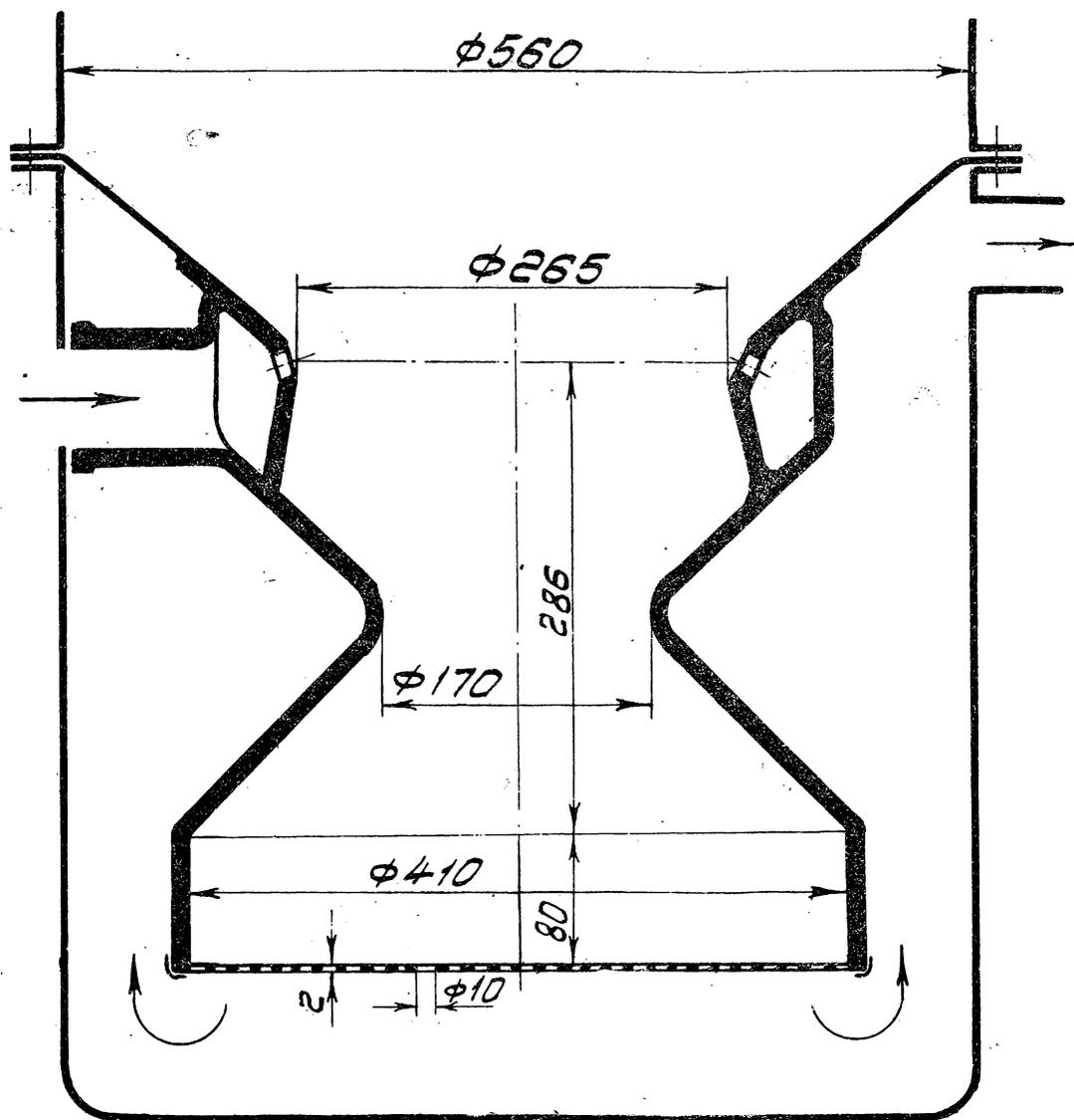
В следующем варианте /фиг. 13/ решетка была изготовлена из полосовой стали с расстояниями между колосниками в 12 мм. Сама решетка была поднята выше до края нижнего конуса камеры. Это было сделано с целью размещения решетки в зоне более высокой температуры, где происходит расходование угля и где, следовательно, засорение решетки угольной мелочью не должно было быть.

Испытания установили, что газогенератор при форсированной работе /движение по шоссе за городом/ не засаривается /автомобиль прошел 600 км/. Уголь на решетке постепенно расходуется, а угольная мелочь и зола проваливаются через решетку в зольник. Динамические качества автомобиля при этом не изменились. В случае же пониженного режима в условиях городской езды, когда температура в камере газификации падала, решетка начинала засариваться после 200 км пробега; причем чистка решетки оказалась неудобной. Решетка в этом варианте была признана непригодной.

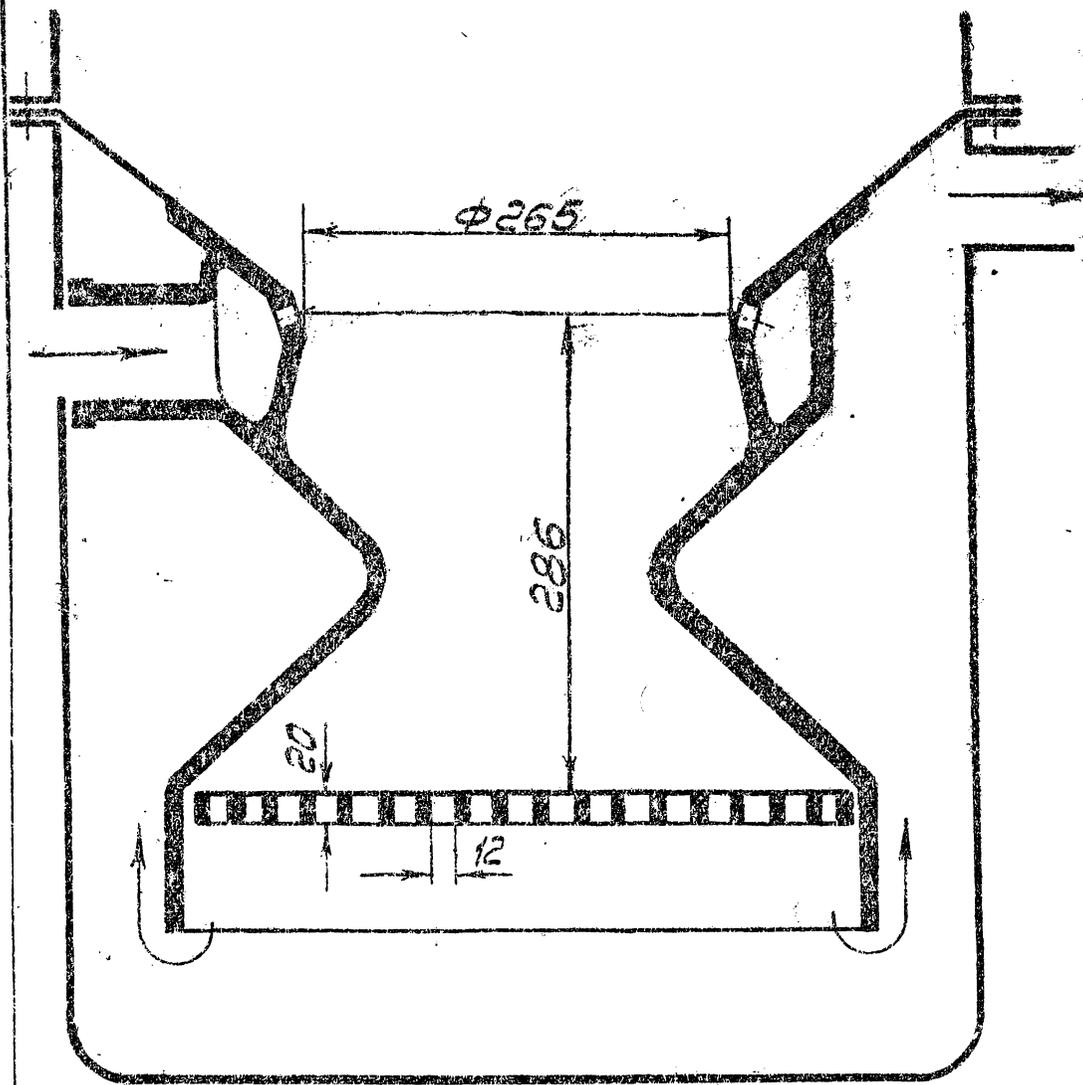
Согласно теории скоростной газификации при достаточно высоких скоростях дутья образование окиси углерода происходит в зоне подвода воздуха. Поэтому нижняя часть камеры, предназначенная для восстановительных реакций, становится лишней. Основываясь на таком толковании газогенераторного процесса, решетку оказалось возможным перенести в горловину, где температура достаточно высока даже при пониженном режиме работы газогенератора в условиях городской езды. Такая решетка была изготовлена из полосовой стали. Расстояние между колосниками равнялось 12 мм /фиг. 14/. Грузовик ЗИС-5 с этой решеткой был подвергнут дорожным испытаниям в условиях городской и загородной езды.

В результате проведенных дорожных испытаний на протяжении 1300 км как в условиях форсированной работы, так

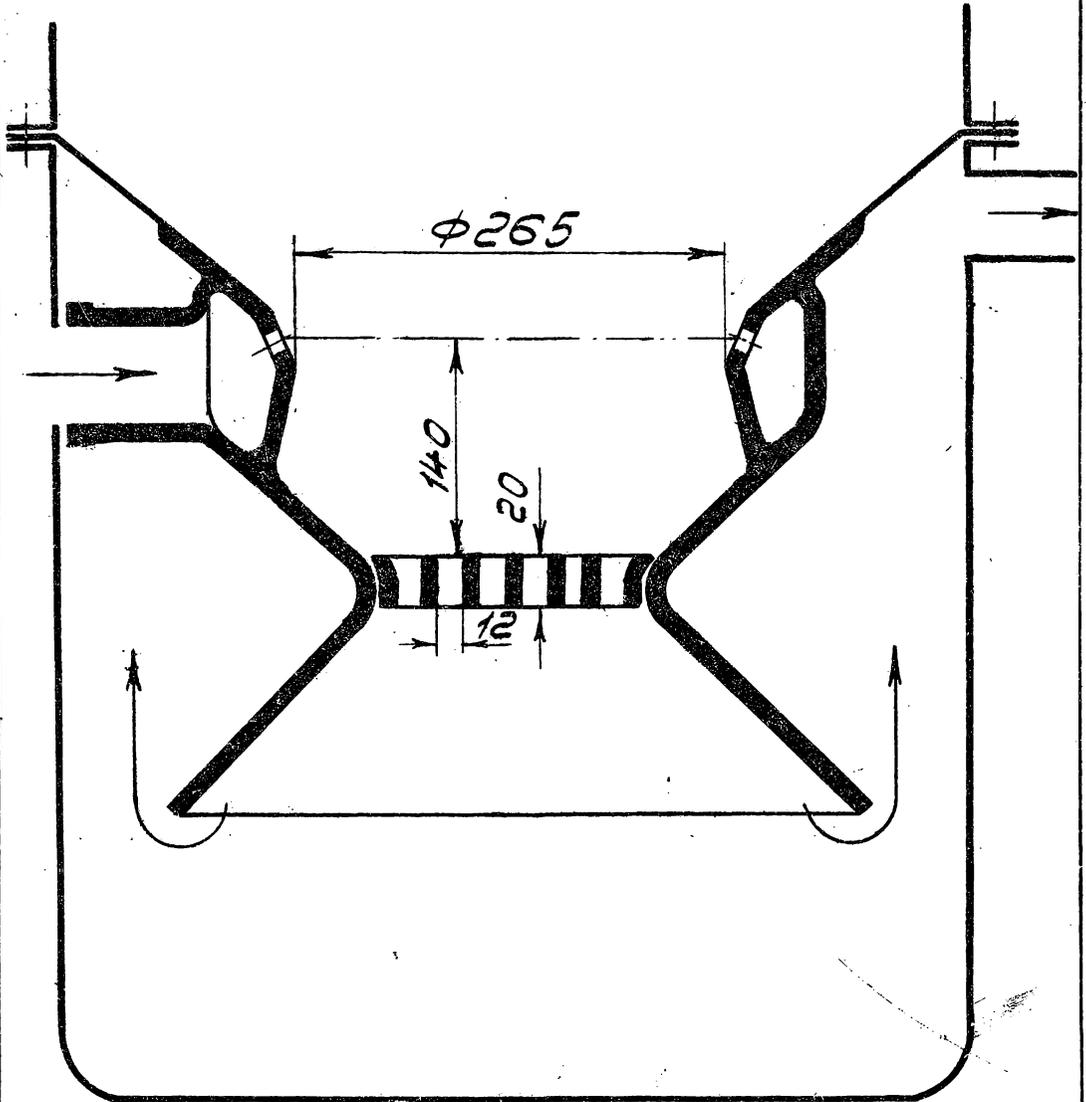
Решетка, помещенная под
цилиндрическим поясом камеры.
газогенератора НАТИ-10 для
автомобиля ЗИС-5.



Колосниковая решетка из полосовой стали, помещенная под конусом камеры газогенератора НАТН-10 для автомобиля ЗИС-5



Колосниковая решетка расположенная в горловине камеры газогенератора НАТИ-10 для автомобиля ЗИС-5.



и при пониженном режиме, выяснилось следующее.

1. Засорение газогенератора и в частности колосниковой решетки, расположенной в горловине камеры, при всех режимах работы не было. Сопротивление генератора не менялось и было равно 15-20 мм рт.ст.

2. Угольная мелочь и зола собирались в зольнике газогенератора и удалялись через 600-800 км. Унос угольной пыли и золы оказался меньшим по сравнению с первым вариантом газогенератора /без решетки/.

3. Динамические качества автомобиля не определялись специальными испытаниями. Длительные же пробеговые испытания показали, что автомобиль развивает свойственную ему скорость, т.е. 45-48 км/час.

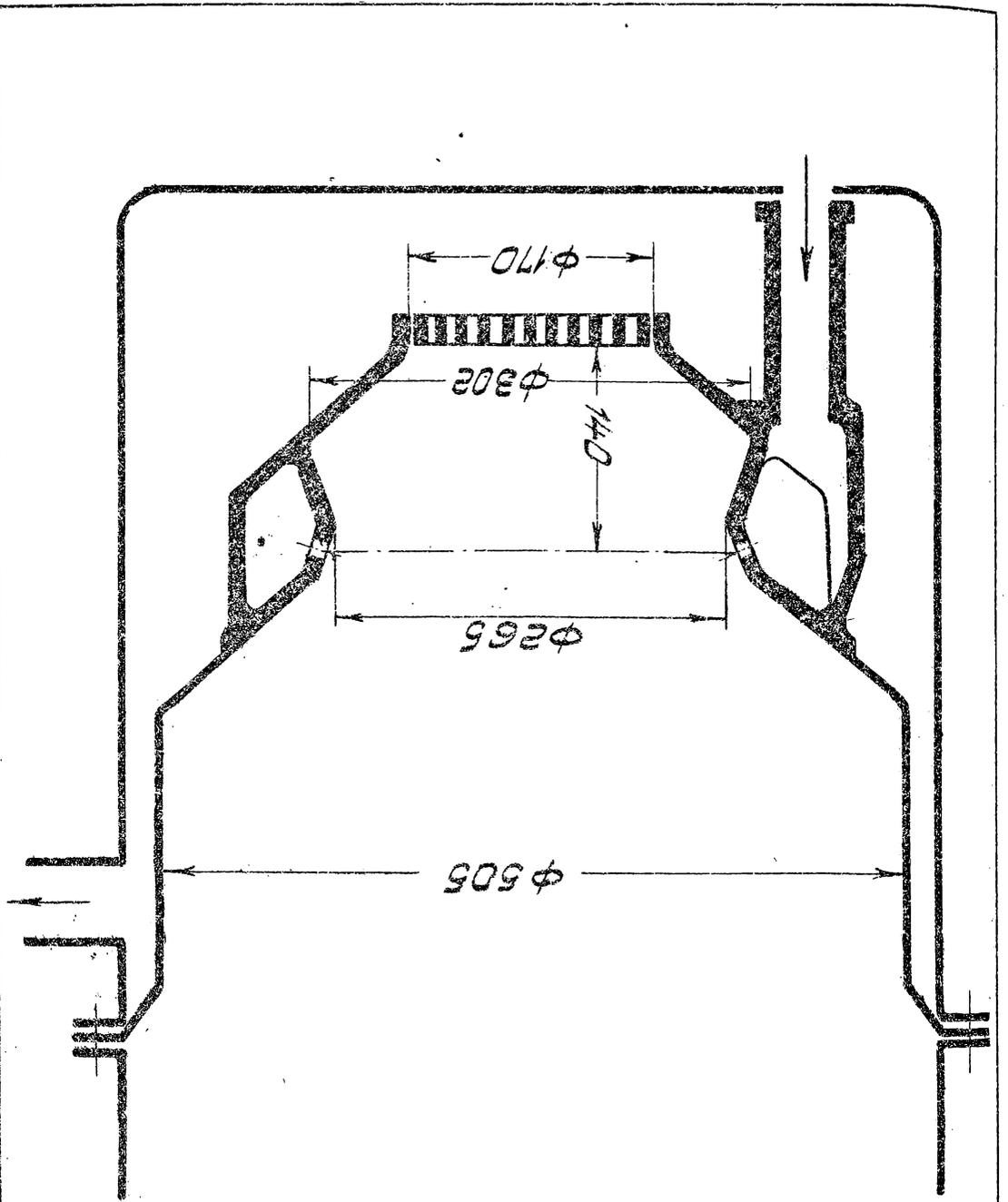
После этих испытаний в конструкцию газогенератора НАТИ-10, для автомобиля ЗИС-5, были внесены изменения, отраженные на фиг.15.

Автомобиль, с таким газогенератором, прошел около 3000 км и показал полную эксплуатационную пригодность.

Чтобы установить влияние колосниковой решетки, расположенной в горловине газогенератора, на эффективную мощность, были проведены стендовые испытания на одном и том же двигателе ЗИС-5, имевшем повышенную степень сжатия /7,3/. При газогенераторе с колосниковой решеткой в горловине мощность оказалась равной 41,1 л.с., а без колосниковой решетки и с дополнительной досыпкой угля в "восстановительную зону" - 43,2 л.с. при $n = 2000$ об/мин.. Таким образом, благодаря сокращению высоты реакционного слоя топлива получилось падение эффективной мощности на 2,1 л.с. или на 5%. Сопротивление газогенератора с колосниковой решеткой и без нее отличалось незначительно. В первом случае оно составляло 140 мм, а во втором - 165 мм вод.ст.

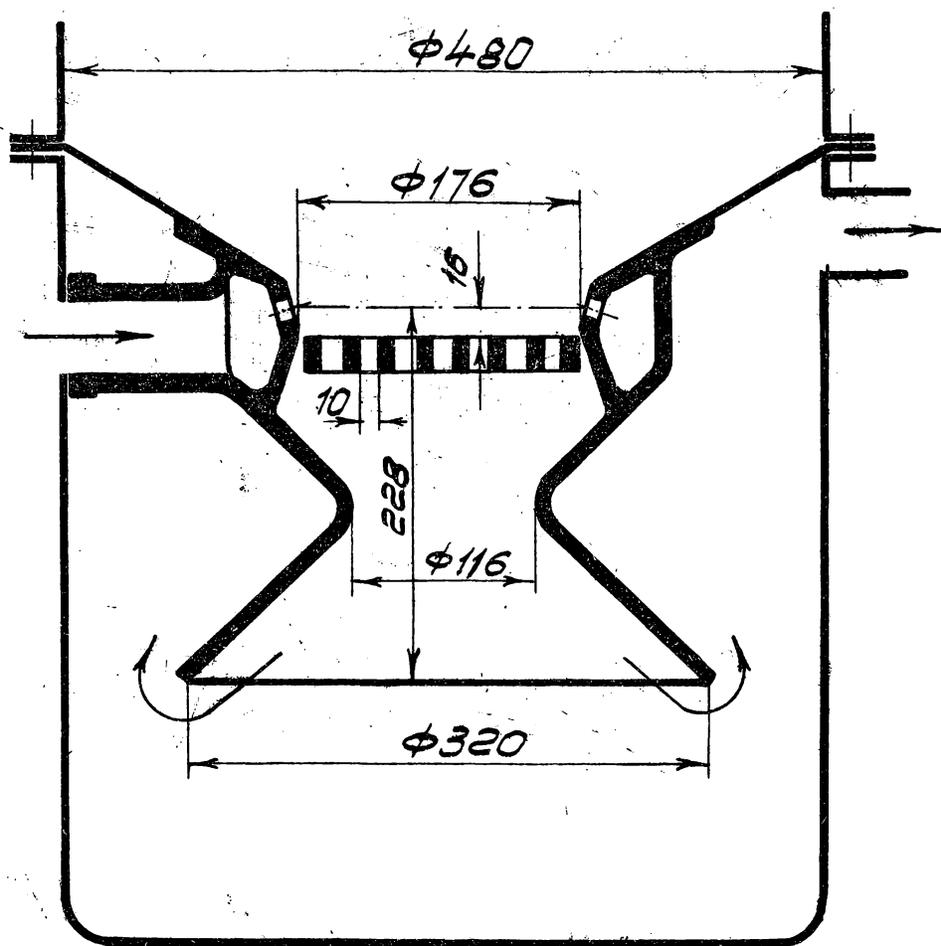
Опыты с решетками в горловине проводились также на автомобиле ГАЗ-АА. Автомобиль с таким газогенератором и с полезным грузом 1200 кг на километровом участке асфальтового шоссе в среднем показал скорость 48,85 км/час. Этот же автомобиль и в тот же день без колосниковой решетки в среднем развил скорость 50,15 км/час. Сопротивления газогенераторов в обоих случаях практически были равноценными. Следовательно, благодаря наличию колосниковой решетки в горловине, получилось снижение скорости на 1,3 км/час или на 2,6%.

Следующий опыт был поставлен с колосниковой решеткой, расположенной в плоскости фуры /фиг.16/. При первом же опробовании выяснилось, что состав газа настолько ухудшился, что двигатель мог работать только без нагрузки на холостом ходе.



2030генератор НТН-10 с камерой
 без нужного конуса для автомобиля
 ЗУС-5

Колосниковая решетка, расположенная в плоскости фурм газогенератора НАТИ-11 для автомобиля ГАЗ-АА.



Несколько пониженное расположение решетки /фиг.17/ дало возможность работать под нагрузкой. При таком расположении решетки автомобиль ГАЗ-АА совершил пробег в гор.Горький. Пробег показал, что это расположение решетки нельзя признать удовлетворительным ввиду значительной потери мощности. Сама решетка через 500 км прогорела. Поэтому применение решетки признано целесообразным не выше горловины камеры. Такой вариант был осуществлен в газогенераторе, запроектированном для Харьковского завода "Свет Шахтера" и предназначался для постройки крупной серии.

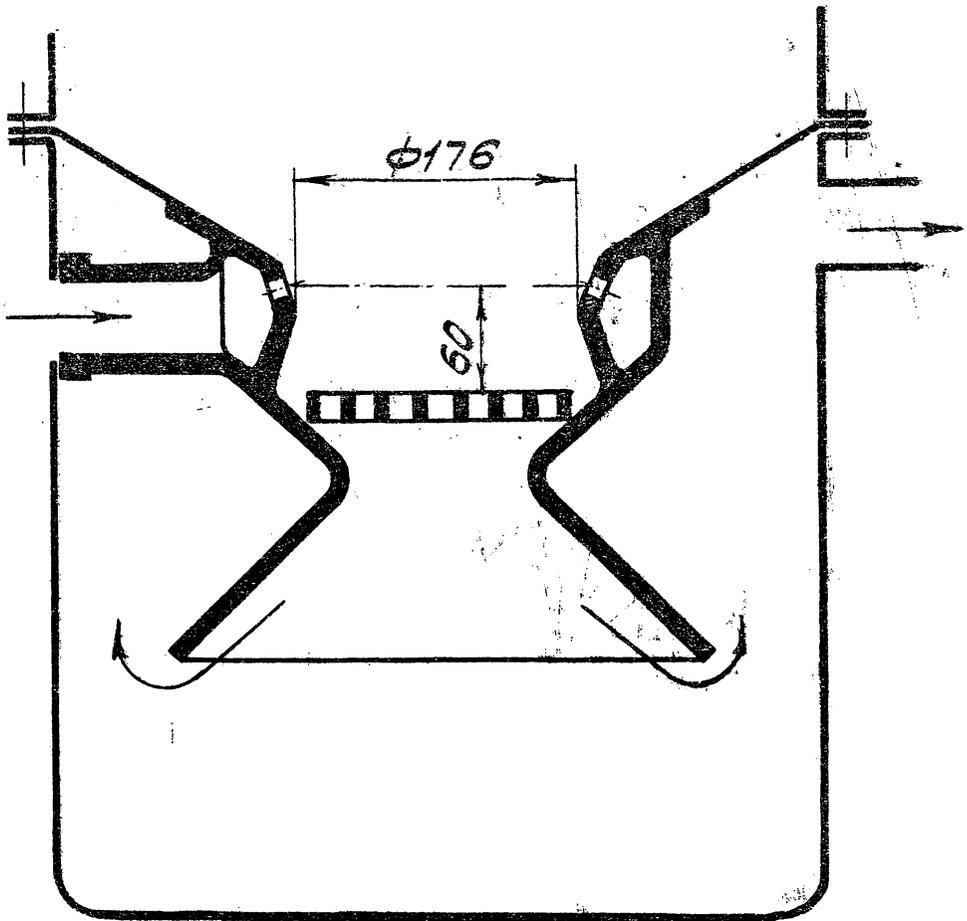
3. НАИВЫГОДНЕЙШИЕ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ РАЗМЕРАМИ КАМЕРЫ ГАЗИФИКАЦИИ

Увеличение главного диаметра камеры по фурменному поясу влечет за собой рост мощности двигателя, благодаря повышенному содержанию в газе неразложившихся продуктов сухой перегонки. Однако, недопустимость высокого смолосодержания в газе обязывает соблюдать при выборе этого диаметра известные пределы. Размер диаметра камеры должен быть строго увязан с величиной горловины, понижающей смолосодержание.

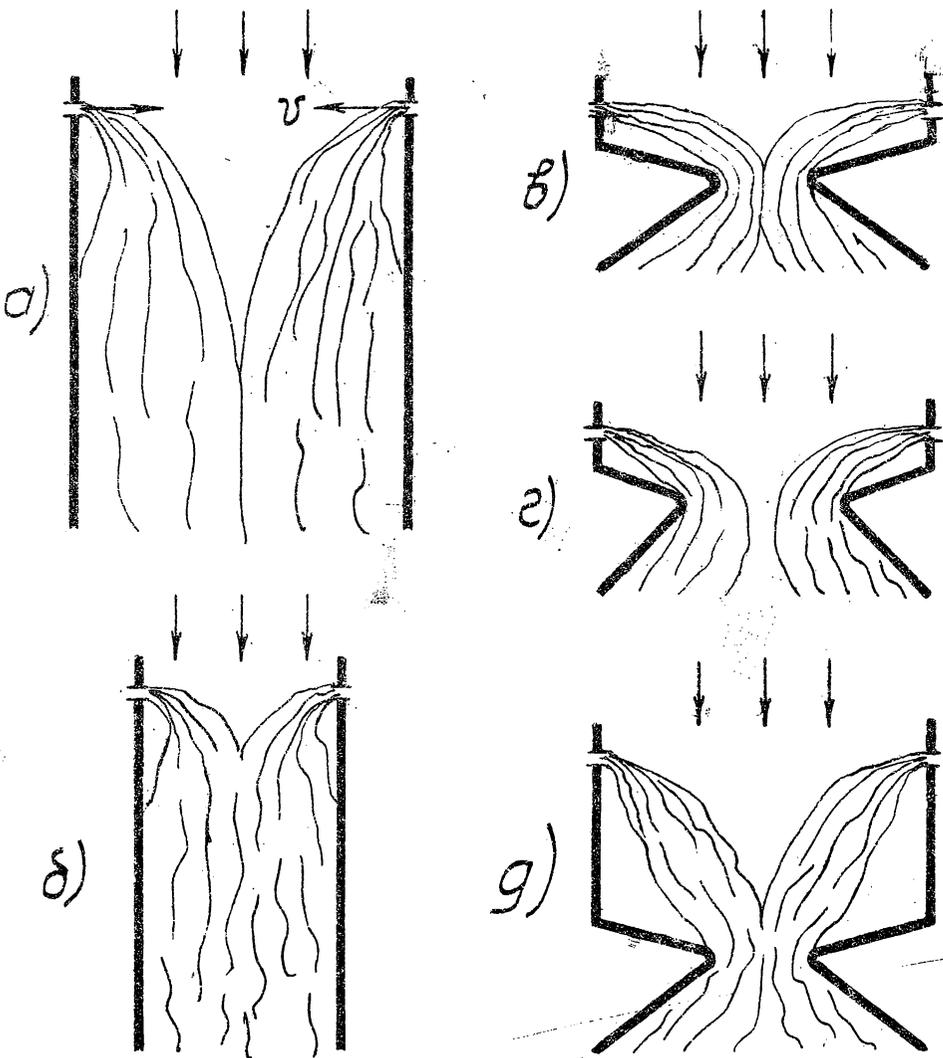
Чтобы понять роль этих двух параметров камеры, рассмотрим характер потока газов в камере и условия, в которых происходит сгорание и крекинг - паров смолы. На фиг.18 схематически изображен предполагаемый поток продуктов газификации, проходящей перед фурмами в цилиндрической камере /схема -а/. Допустим, что диаметр камеры настолько велик, что основная масса раскаленных газов, встречая на своем пути куски топлива, не может достигнуть в плоскости фурм центральной части камеры, заполняя все ее сечение только внизу. В то же время вдоль оси газогенератора движутся книзу из бункера продукты сухой перегонки, содержащие пары смол. Ясно, что смолы, идущие через центральную зону камеры, соединятся с газами основного процесса только в нижней части камеры там, где нет кислорода - потому невозможно сгорание смолы, а также низкая температура в ней /ниже 1100°С/, недостаточна для крекинга смол. Поэтому генераторный газ при выходе из такой камеры будет содержать высокий процент смолы.

Если перейти теперь к камере малого диаметра, не изменяя размера фурм и расхода газа /схема -б/, то естественно предположить встречу двух диаметрально противоположных потоков в более верхних слоях топлива, так как расстояния до центра здесь меньше, а дальнобойность струи газа останется прежней, потому что она, в основном, зависит от скорости выхода воздуха из фурмы. Поэтому та часть паров смолы, которая движется через центральную зону камеры, вступит в соприкосновение с газом основного процесса в условиях высокой температуры, способной обеспечить крекинг смол. Кроме того, здесь, вблизи фурм, могут быть остатки кислорода воздуха, который под-

Колосниковая решетка, расположенная
между фурмами и горловиной
газогенератора НАТИ-11 для
автомобиля ГАЗ-АА



Схематическое очертание потоков газа основного процесса в зависимости от конфигурации камеры.



держит сгорание смолы и других продуктов сухой перегонки. Таковы причины, объясняющие устранение смолы в газе путем уменьшения главного диаметра камеры, т.е. за счет одного лишь повышения напряженности горения.

Представим себе камеру большого диаметра, но имеющую специальное сужение в виде горловины /схема в/. Ясно, что при наличии горловины, противоположные потоки газов основного процесса встретятся в верхней части камеры, достигнув ее центра, несмотря на то, что диаметр камеры велик. Пары смолы, идущие из бункера, вынуждены теперь вступить в соприкосновение с газами основного процесса в той зоне, где эти газы имеют температуру достаточную для крекинга. Помимо крекинга возможно и частичное сгорание смол, поскольку вблизи фурмы может быть кислород.

Не трудно теперь понять, почему для успешной ликвидации смолы требуется выдержать определенный диаметр горловины и ее расположение относительно уровня фурмы. Если диаметр выбран чрезмерно большим, то противоположные потоки могут не сойтись /схема Г/ и пары смол пройдут через горловину не разложившись.

При заведомо низком расположении горловины /схема д/ крекинга смол тоже не будет из-за низких температур газового потока в горловине. Такова, по нашему мнению, роль горловины.

Из сказанного вытекает, что крекинг и сгорание смол зависят от характера аэродинамики потока раскаленных продуктов газификации основного воздушного процесса, происходящего перед фурмами. Влияя на направление этого потока той или иной конфигурацией камеры, можно избавиться от смолы в генераторном газе.

Наметим теперь наиболее выгодные соотношения между основными параметрами камеры газификации

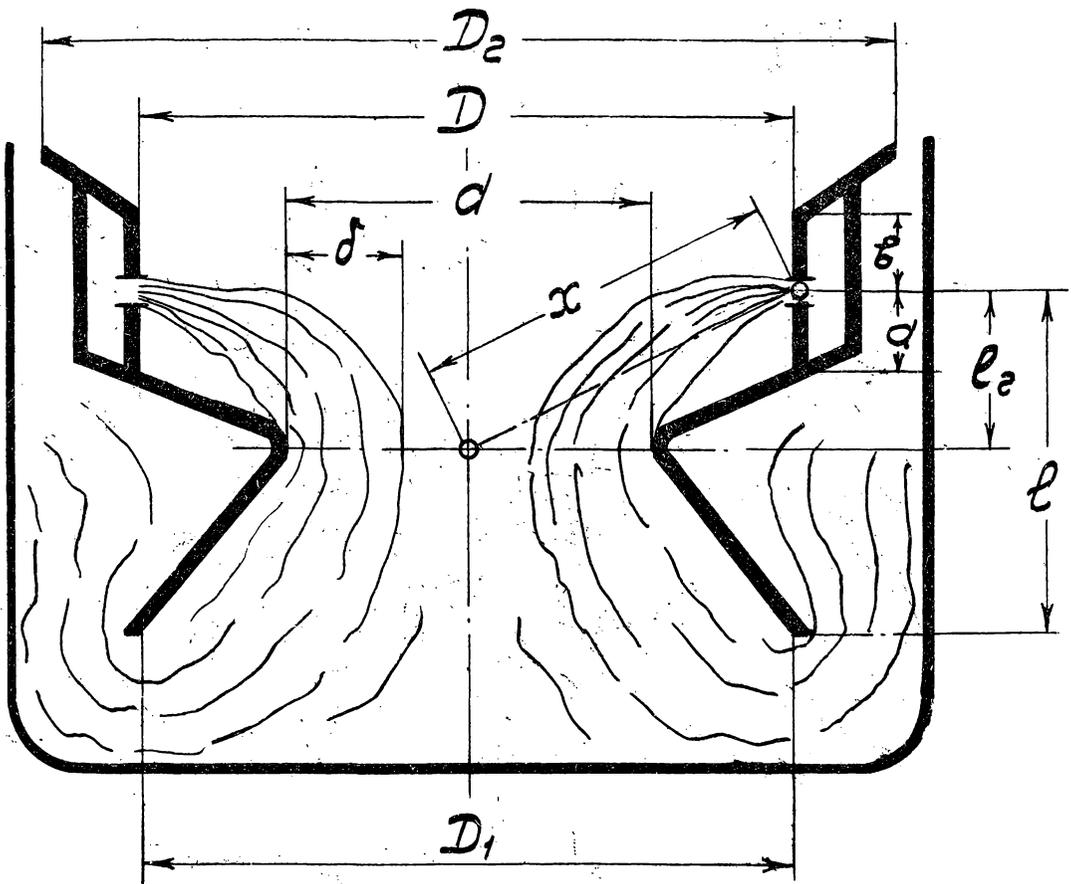
Пусть горловина имеет явно большой диаметр D /фиг. 19/ и нормально удалена от плоскости фурмы. Тогда может оказаться, что потоки газов основного процесса не достигнут центра горловины и образуют кольцо шириной δ . Чем больше диаметр камеры D , тем труднее газу при одном и том же его расходе приблизиться к центру камеры и тем, следовательно, будет меньше ширина кольца δ . Предположив здесь обратную пропорцию, получим, что

$$\delta = \frac{K_1}{D}$$

Если допустить, кроме того, что ширина кольца будет прямо пропорциональна расходу газа V_2 , поскольку дальность струи увеличивается со скоростью выхода воздуха из фурмы, то

$$\delta = K_2 \frac{V_2}{D}$$

Очертание потока газа основного процесса при горловине большого диаметра



Чтобы осуществить при данном диаметре D камеры наилучшее разложение смолы, необходимо так уменьшить диаметр d горловины, чтобы поток газов основного процесса заполнял бы все сечение горловины. Таким условием будет:

$$d = 25$$

Отсюда получаем

$$\frac{d}{2} = K_2 \frac{V_2}{D}$$

Следовательно

$$Dd = K_3 V_2 \dots \dots \dots /10/$$

т.е. произведение диаметров камеры и горловины прямо пропорционально расходу газа. $K_3 = 2K_2$

Аналогичное выражение можно написать и для расхода рабочей смеси V_c , поступающей в двигатель

$$Dd = K_4 V_c \dots \dots \dots /11/$$

где

$$K_4 = \frac{K_3}{1 + \gamma_0} \dots \dots \dots /12/$$

γ_0 - коэффициент объемного сжатия газа с воздухом.

В таблице 2 приведены размеры камер осуществленных конструкций, а на фиг. 20 построено произведение двух диаметров в зависимости от расхода смеси. Несмотря на большее различие отношений $\frac{d}{D}$ /от 0,24 до 0,60/ большинство точек легло вполне прямо, идущей в начало координат, подтверждая этим реальность наших предположений. Исключения составляют только газогенераторы ЧТЗ-СТ-60, Бердские 2, 2 тн и сходные с ним ЗИС-13 и ЗИС-21. Точка, относящаяся к экспериментальному генератору, соответствует камере 230 мм и горловине диаметром 60 мм, при которой зарегистрировано наименьшее смолосодержание 70,4 г/м³ газа/.

Проведенная прямая отвечает уравнению

| | | КАМЕРЫ ГАЗИФИКАЦИИ | | Объем | Напря- | |
|--------------------------|--------------|--------------------|------------|---------|--------------------|-----|
| | | Марка | Эфф | камеры | женность | |
| | | газогенератора | ТИ | газифи- | ность | |
| | | | МОП | кации | горю- | |
| | | | НОС | | ния | |
| | | | | | | |
| | | | d | V л. | q | |
| | | | $N_{ем^2}$ | | кг/м ² | |
| | | | л. | | час | |
| Без колосниковой решетки | ГАЗ-42 | 32 | 10 | 0,600 | 5,0 | 915 |
| | Г59У-С1А | 32 | 20 | 0,305 | - | 510 |
| | ЗИС-13 | 45 | 50 | 0,500 | 10,9 | 570 |
| | ЗИС-21 | 45 | 10 | 0,441 | 12,1 | 445 |
| | Г69-01А | 45 | 30 | 0,245 | - | 380 |
| | Берлие 2,2 т | 45 | 65 | 0,485 | 9,2 | 535 |
| | Имберт-Рено | 46 | 15 | 0,350 | 10,8 ^{3/} | 570 |
| | | | | | | |
| С колосниковой решеткой | ХТЗ-Т2Г | 47 | 67 | 0,330 | 12,6 | 480 |
| | ЧТЗ-СТ60 | 58 | 85 | 0,440 | 17,7 | 475 |
| | ЧТЗ-СТ65 | 61 | 10 | 0,441 | 22,2 | 600 |
| | | | | | | |

ПРИМЕЧАНИЯ: 1/ 1

 2/ 1
 3/

КАМЕРЫ ГАЗИФИКАЦИИ ДРЕВЕСНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРОВ

| | Марка газогенератора | Эффективная мощность | Расход рабочей смеси | Размеры камеры в условные буквенные обозначения на фигуре 19 | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--|-----|-------|-------|-----|
| | | | | V_c | D | D_1 | D_5 | d |
| | | № л.о. | м ³ /час | | | | | |
| Без колосниковой решетки | ГАЗ-42 | 32 | 136 | 200 | 270 | 396 | 120 | 44 |
| | Г59У-С1А | 32 | 136 | 269 | 286 | 392 | 82 | - |
| | ЗИС-13 | 45 | 200 | 300 | 330 | 495 | 150 | 50 |
| | ЗИС-21 | 45 | 200 | 340 | 380 | 495 | 150 | 50 |
| | Г69-01А | 45 | 200 | 367 | 360 | 488 | 90 | - |
| | Берлие 2,2 т | 45 | 189 | 310 | 310 | 436 | 150 | 54 |
| | Имберт-Рено | 46 | 197 | 300 ^{2/} | 260 | 515 | 105 | 28 |
| С колосниковой решеткой | ХТЗ-Т2Г | 47 | 204 | 334 | 324 | 476 | 110 | 50 |
| | ЧТЗ-СТ60 | 55 | 252 | 365 | 385 | 640 | 160 | 55 |
| | ЧТЗ-СТ65 | 61 | 287 | 340 | 455 | 650 | 150 | 64 |

ПРИМЕЧАНИЯ: 1/ Расход смеси отнесен к 150 и 760 мм
 2/ Диаметр приведен по фурмам, в высоту
 3/ Объем подсчитан по диаметру камеры, 1

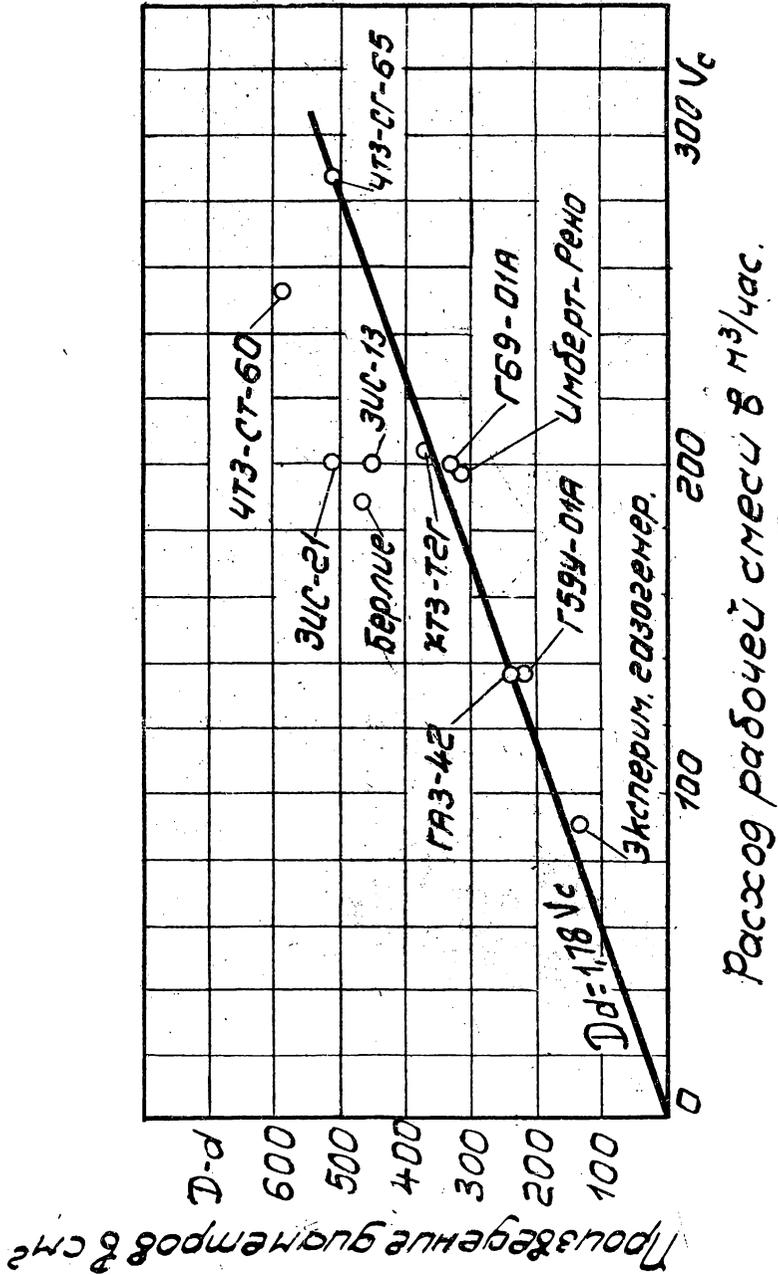
Таблица № 2

| мм значения см. | | | | Число Фурм | Диаметр Фурм в мм | Dd см ² | $\frac{d}{D}$ | Объем камеры газификации | Напряженность горения |
|-----------------|-------|-----|-----|------------|-------------------|-------------------------|---------------|--------------------------|-----------------------|
| b | e_r | e | x | | | | | | |
| 27 | 87 | 174 | 134 | 10 | 8,0 | 240 | 0,600 | 5,0 | 915 |
| - | 90 | 175 | 162 | 7 | 8,0 | 220 | 0,305 | - | 510 |
| 35 | 115 | 215 | 189 | 10 | 10,0 | 450 | 0,500 | 10,9 | 570 |
| 55 | 115 | 205 | 205 | 10 | 9,2 | 510 | 0,441 | 12,1 | 445 |
| - | 135 | 220 | 228 | 7 | 11,0 | 330 | 0,245 | - | 380 |
| 54 | 100 | 195 | 158 | 8 | 8,0 | 465 | 0,485 | 9,2 | 535 |
| 28 | 118 | 198 | 191 | 5 | 12,8 | 315 | 0,350 | 10,8 ^{3/4} | 570 |
| 58 | 122 | 252 | 207 | 10 | 10,0 | 367 | 0,330 | 12,6 | 480 |
| 45 | 135 | 255 | 227 | 12 | 9,0 | 585 | 0,440 | 17,7 | 475 |
| 40 | 136 | 300 | 218 | 8 | 12,0 | 510 | 0,441 | 22,2 | 600 |

т.ст.

Диаметр этой камеры
равному 400 мм.

Произведение диаметров фурменного пояса и горловины, как функция расхода рабочей смеси.



$$Dd = 1,78 V_c \text{ см}^2, \dots \dots \dots /13/$$

по которому можно производить расчет камеры.

Здесь V_c в м³/час, D и d в см.

Уравнение /10/ можно представить в таком виде

$$Dd = K_3 L_2 G_m i$$

или

$$\frac{d}{D} = K_3 L_2 \frac{G_m}{D^2} \dots \dots \dots /14/$$

где L_2 - выход сухого газа из 1 кг топлива в м³/кг

G_m - расход топлива в кг/час.

Вес твердого топлива, сгорающего в газогенераторе за один час, отнесенный к площади фурменного пояса /в м²/ называется напряженностью горения, которая согласно этому определению равна

$$q = \frac{40000 G_m}{\pi D^2} \text{ кг/м}^2 \text{ час} \dots \dots \dots /15/$$

Решив совместно уравнения /12/, /14/ и /15/, получим

$$\frac{d}{D} = \frac{\pi K_4 (14\%) L_2}{40000} q \dots \dots \dots /16/$$

Если принять для древесных чурок

$K_4 = 1,78 \text{ см}^2 \cdot \text{час/м}^3$, $\gamma_0 = 1,08$ и $L_2 = 2,2 \text{ м}^3/\text{кг}$,

то получим, что

$$\frac{d}{D} = 0,00064q \dots \dots \dots /17/.$$

Таким образом, отношение диаметров горловины и Фурменного пояса зависит от той напряженности горения, на которую рассчитывается камера газификации. Чем ниже принимается напряженность, тем меньше должно быть отношение

$\frac{d}{D}$ и тем, следовательно, меньше должна быть горловина камеры. Напротив, для цилиндрической камеры, где горловина отсутствует и где поэтому $\frac{d}{D} = 1$, напряженность

горения следует принимать наибольшей. В этом случае числовое значение напряженности горения составит согласно уравнению /17/

$$q = \frac{1}{0,00064} = 1560 \text{ кг/м}^2 \text{ - час,}$$

что должно обеспечить получение из дров бессмольного газа. В опытах автора генераторный газ, полученный в цилиндрической камере без горловины, практически не содержал смолы при напряженности горения, равной 1680 кг/м² - час.

Расположение горловины относительно уровня фурм должно быть таким, чтобы температура в горловине была бы достаточна для крекинга смол /11000 - 12000°/. Для этого необходимо в соответствии с расходом газа выдержать определенное расстояние X /фиг.21/ от фурм до центра горловины. Но

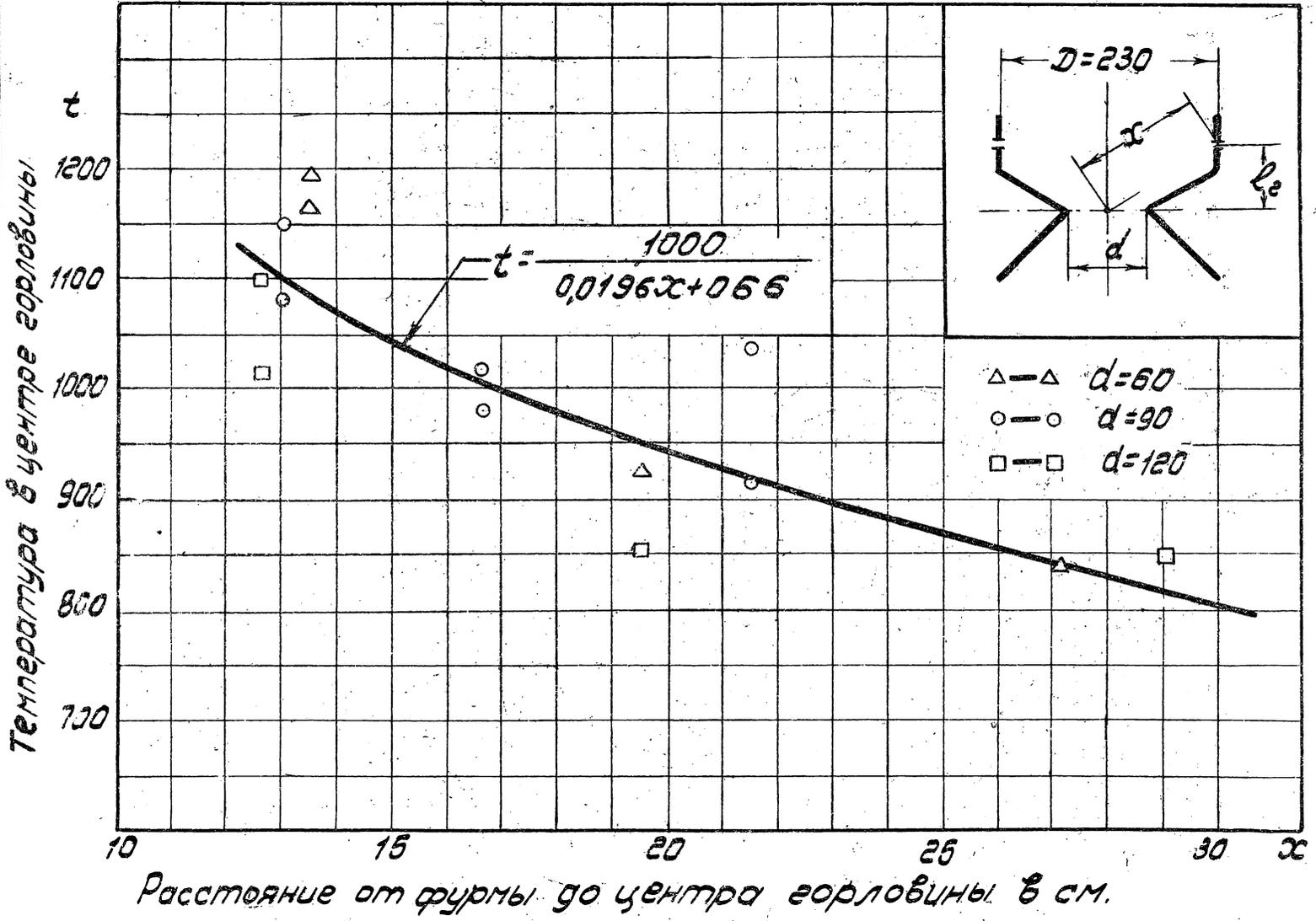
$$x = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 + e_2^2} \dots \dots \dots /18/$$

Поэтому при одном и том же расходе газа, чем больше диаметр D, тем меньше нужно иметь высоту e₂, т.е. приблизить горловину к фурмам. Это условие имеет подтверждение на практике /см.таблицу 2 камеры Г59У-01А и Г69-01А/.

Для определения расстояния X мы воспользуемся приведенным ниже уравнением, связывающим температуру t₂ генераторного газа, выходящего из слоя топлива, с высотой см. этого слоя и с расходом рабочей смеси V_г м³/час

$$\frac{1}{t_2} = (0,00122e + 0,01) \left(\frac{1}{V_g} + 0,005 \right) + \frac{1}{t_1} \dots \dots \dots /19/$$

Температура газа в центре горловины в зависимости от расстояния до фурмы. Рассогр рабочей смеси $\lambda = 90 \text{ м}^2/\text{час}$



где $\frac{1}{\epsilon}$ - некоторая постоянная величина.

Это эмпирическое уравнение было получено на основе опытных данных по температуре газа, выходящего из реакционного слоя топлива в экспериментальном газогенераторе. Температура замерялась при цилиндрических камерах с диаметрами 200 и 230 мм; без горловин, благодаря чему поток газа имел направление, в основном, вдоль оси камеры. При наличии горловины поток газа отклоняется к центру и его направление не совпадает с направлением оси камеры. Поэтому, применив уравнение /19/ к камере с горловиной, высоту слоя ϵ следует приравнять расстоянию X от фурм до центра горловины.

Если принять постоянное $\frac{1}{\epsilon} = 0,0005$, то для частного случая, когда $V_c = 90$ мз/час, будем иметь

$$\frac{1}{\epsilon} = 10,00122 X + 0,01 / / -\frac{1}{90} + 0,005 / + 0,0005.$$

Откуда

$$\epsilon = \frac{1000}{0,0196 X + 0,66} \dots \dots \dots /20/$$

Эта функция, как показывает фиг.21, удовлетворительно характеризует температуру, замеренную в центре горловины камеры, в зависимости от расстояния X, которое менялось в опытах путем перемещения вставной горловины вдоль оси камеры.

Решение нашей задачи, состоящей в определении расстояния X, при котором еще происходит крекинг смол, будет найдено, если левую часть уравнения /19/, зависящую ТОЛЬКО ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ, ПРИНЯТЬ ПОСТОЯННОЙ. Тогда мы получим уравнение изотермической кривой расстояния X, как функцию одного переменного - расхода смеси V_c .

Считая необходимым иметь в центре горловины температуру $t = 1200^\circ\text{C}$ и полагая, как прежде $t_c = 2000$, получим

$$\frac{1}{1200} = 70,00122 X + 0,01 / / -\frac{1}{V_c} + 0,005 / + \frac{1}{2000}.$$

Решив это уравнение относительно X, найдем что после округления

$$X = \frac{0,23 \sqrt{V_c} - 8}{0,005 \sqrt{V_c} + 1} \text{ см.} \dots \dots \dots /$$

Сопоставление кривой, удовлетворяющей этому уравнению с размерами осуществленных конструкций приведено на фиг. 22

Расстояние X у большинства камер располагается достаточно близко к изотермической кривой $t = 1200^\circ\text{C}$. Наибольшие отклонения /на 28 и на 38 мм/ имеют упрощенные камеры газогенераторов I59 У-01А и I69-01А, точки которых лежат вблизи изотермы $t = 1145^\circ$.

Эмпирическое уравнение /21/ найдено на основании опытов, проведенных с камерами, имеющими диаметр фурменного пояса 200 и 230 мм и, следовательно, его применение нельзя распространять на чрезмерно большие или чрезмерно малые камеры. В интервале диаметров от 200 до 365 мм уравнение /21/, как показывает фиг. 22, дает удовлетворительное совпадение с размерами камер, проверенных в эксплуатации.

По расстоянию X и диаметру фурменного пояса D, применив формулу /18/, легко найти ℓ_2

Следует предостеречь от чрезмерного приближения горловины к фурмам, так как при этом наступает падение мощности /см. фиг. 10/, которое особенно ощутимо при большом расходе газа.

На фиг. 23 нанесены высоты ℓ_2 существующих газогенераторов в зависимости от расхода смеси V_c . Математическую связь ℓ_2 с V_c можно представить уравнением

$$\ell_2 = 0,036 \sqrt{V_c} + 5 \text{ см} \dots \dots \dots /22/$$

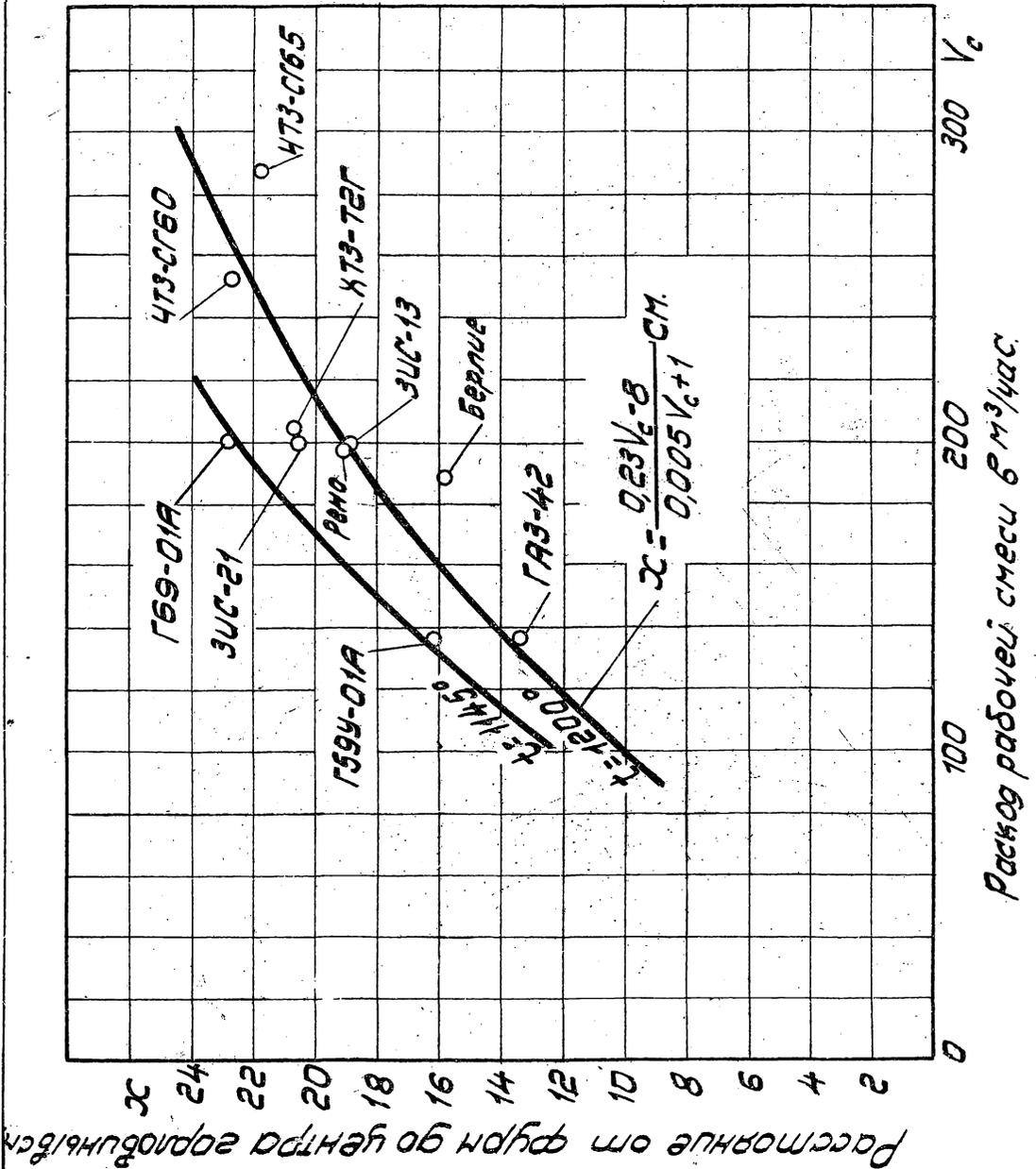
Выбирать ℓ_2 ниже этого значения нежелательно.

Опытные данные, приведенные на фиг. 10 не указывают на какую-либо закономерность влияния диаметра горловины на мощность двигателя.

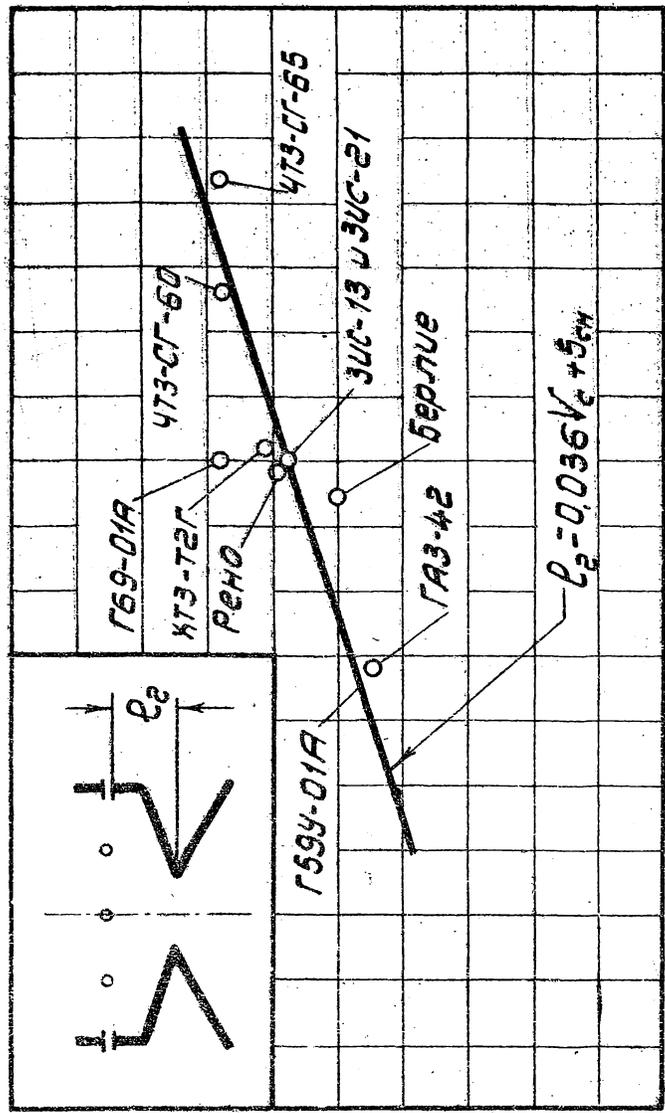
Однако, при эксплуатации газогенератора с малым диаметром горловины последняя иногда засоряется угольной пылью и тогда сопротивление газогенератора значительно возрастает, достигая 200-300 мм рт. ст., что, помимо снижения мощности двигателя, создает угрозу смятия стенок очистителей.

Согласно фиг. 9 полную высоту e камеры от уровня фурм до края нижнего конуса правильнее всего находить, исходя из необходимого объема камеры. Чтобы установить связь между объемом камеры V и расходом рабочей смеси V_c отложим, пользуясь таблицей 2 по оси абсцисс квадрат этого расхода, а по оси ординат - объем камеры /фиг. 24/.

Применяемое расстояние от фурм до центра горловины в зависимости от расхода рабочей смеси.



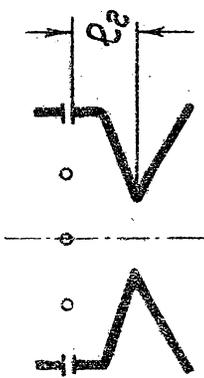
Применяемая высота от уровня фурм до горловины в зависимости от расхода рабочей смеси.



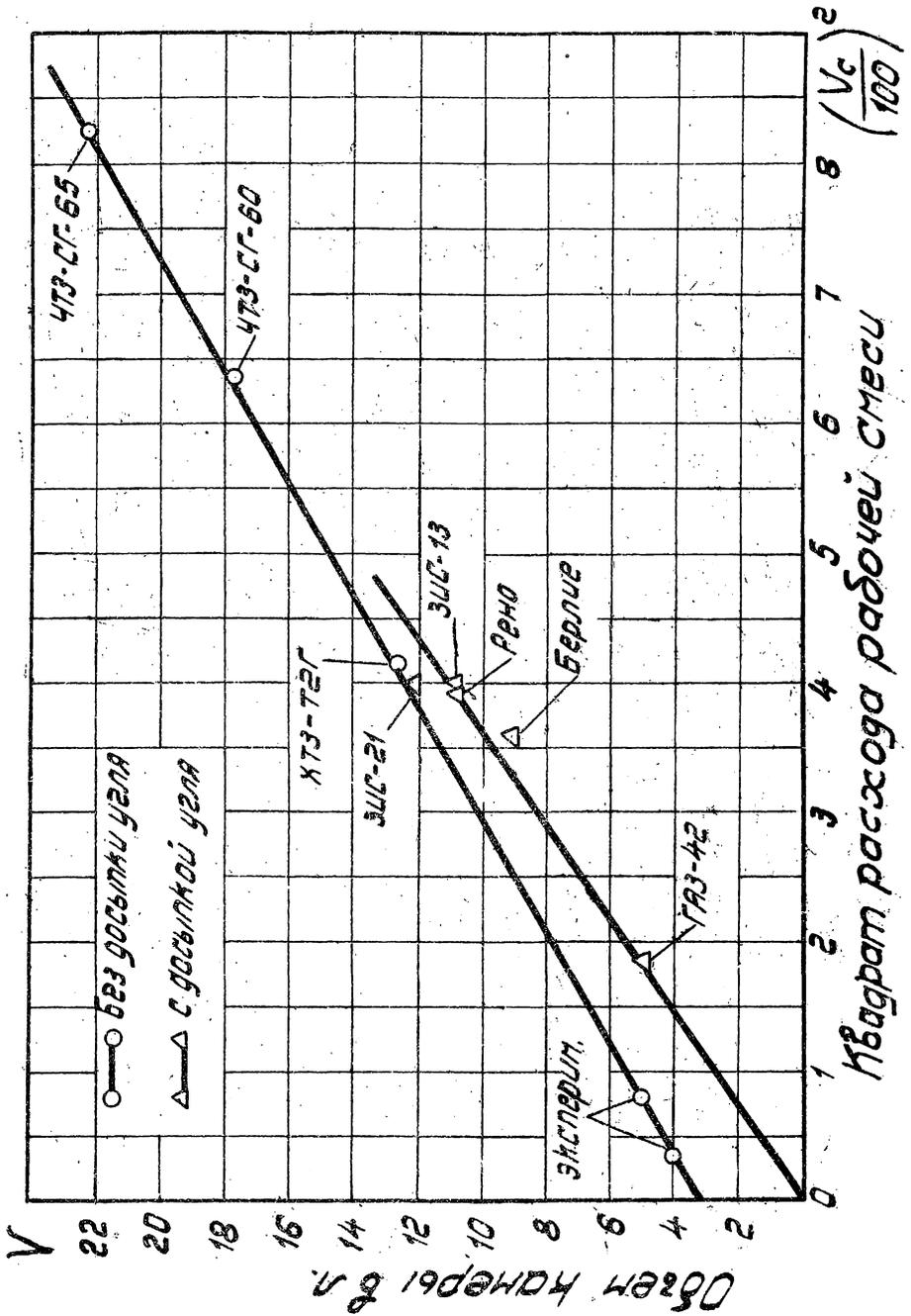
Расход рабочей смеси в м³/час.

Высота от фурм до горловины в см.

$\rho_2 = 0.036V_2 + 5.4$



Применяемый объем камеры газификации в зависимости от квадрата расхода рабочей смеси.



Если подразделить все камеры на конструкции с дополнительной досылкой угля /автомобильный тип/ и без досылки, имеющие горячую колосниковую решетку, через которую проходит газ /тракторный тип/, то первая группа точек расположится на одной прямой, удовлетворяющей уравнению:

$$V = 2,8 \left(\frac{V_c}{100} \right)^2 n, \dots \dots \dots /23/.$$

А вторая группа - на другую прямую, не проходящую через начало координат и удовлетворяющую уравнению:

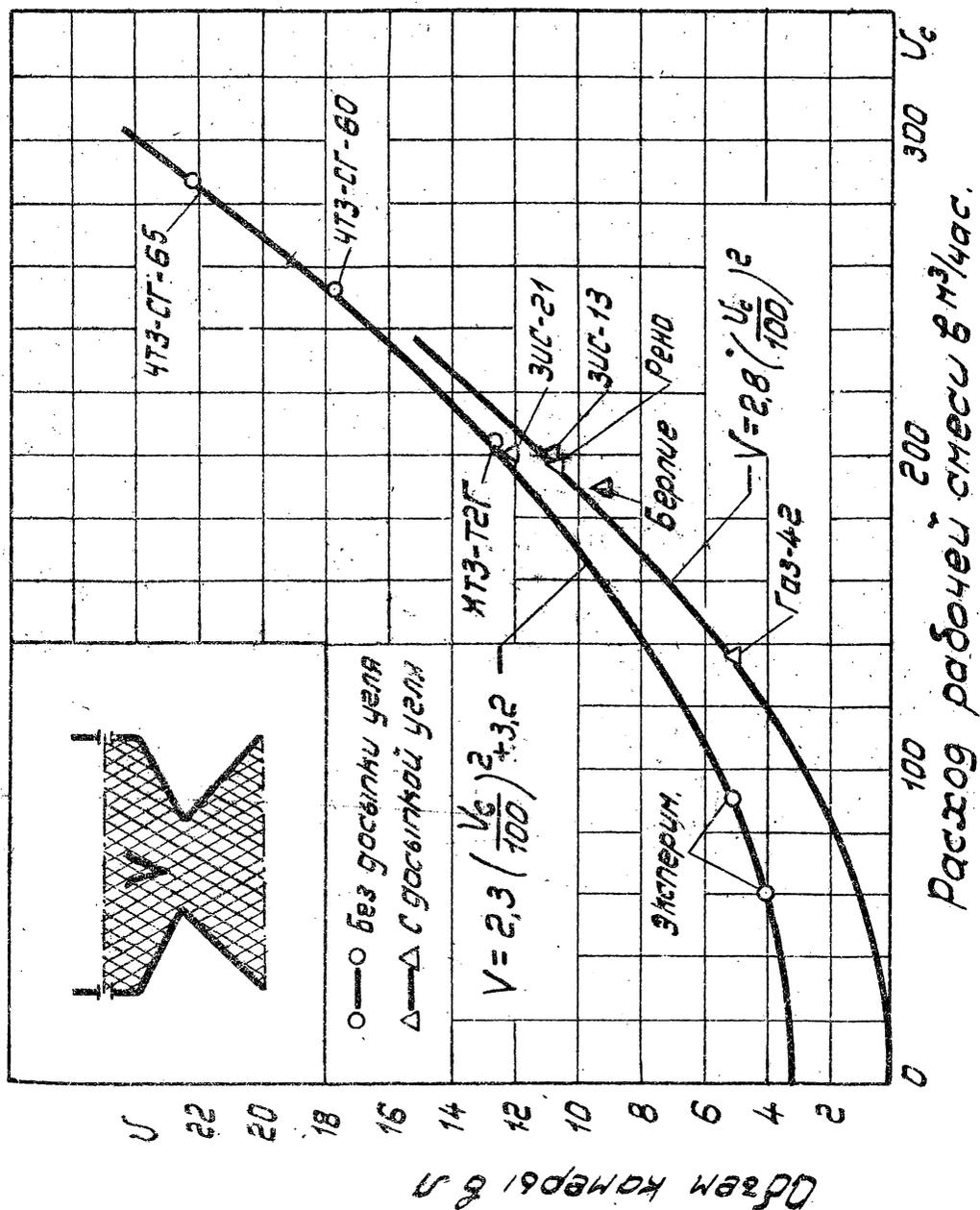
$$V = 2,3 \left(\frac{V_c}{100} \right)^2 + 3,2 n, \dots \dots \dots /24/.$$

Эти зависимости представлены на фиг. 25. Точки, соответствующие экспериментальному газогенератору, взяты по кривым фиг. 8. Они отвечают наиболее выгодному объему камеры, снабженной колосниковой решеткой при работе без дополнительной досылки угля.

В тракторных газогенераторах решетку применяют, чтобы увеличить унос угольной мелочи из газогенератора и чтобы реже проводить его нарезку. Дополнительная досылка угля в автомобильных газогенераторах согласно фиг. 3, 5 и 6 не увеличивает мощность двигателя. Однако, существует мнение, что при работе на дровах мягких пород /на осене, ели и проч./ без досылки угля происходит снижение мощности двигателя. Кроме того, увеличивается неустойчивость газогенераторного процесса.

В заключение скажем: введенные выше эмпирические соотношения не претендуют быть единственно справедливыми. Большая вероятность возможности найти другие зависимости, правильно отражающие влияние конструктивных параметров камеры на процесс. Тем не менее, приведенные соотношения приводят к удовлетворительному решению задачи, поскольку они согласованы с конструкциями, проверенными как в лаборатории, так и в эксплуатации.

Применяемый объем камеры газификации в зависимости от расхода рабочей смеси.



4. ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ РЕАКЦИОННОГО СЛОЯ ТОПЛИВА В КАМЕРЕ ГАЗИФИКАЦИИ

При движении газа через реакционный слой топлива наблюдается некоторое падение давления газа, происходящее в связи с завихрением его струй и их трением о поверхность топлива. Это падение давления газа мы будем называть сопротивлением реакционного слоя топлива.

В работающем газогенераторе сопротивление слоя можно получить, как разность между разрежениями в верхней части бункера и месте выхода газа из камеры /у колосниковой решетки/. Это оказывается возможным потому, что в бункере отсутствуют быстро движущиеся потоки газа, в силу чего разрежение в верхней части бункера не отличается от разрежения в плоскости фурм.

а. Влияние расхода газа.

Сопротивление реакционного слоя зависит от скорости газа, проходящего через камеру, и от высоты реакционного слоя, характеризующей длину пути газа. Действительная скорость газа в реакционном слое зависит от плотности слоя, на которую в свою очередь влияют: род угля, число и диаметр фурм, скорость воздушного дутья, обуславливающие дробление угля и продолжительность работы газогенератора без чистки.

Определение эмпирической зависимости сопротивления реакционного слоя от геометрических параметров камеры представляет большие технические трудности по причине непрерывно меняющейся плотности слоя при сохранении нагрузочного режима газогенератора постоянным. Поэтому пришлось решать эту задачу, прибегнув к большому числу замеров, по которым находились средние значения.

Если рассматривать движение потока газа через слой угля, заполняющего камеру, в среде постоянной температуры приняв дополнительное условие, что газ не изменяет при этом своего объема и веса, то характер этого движения будет подчиняться только физическим законам, изученным в гидравлике.

В этом случае согласно закону истечения падение давления газа или гидравлическое сопротивление h_e , оказываемое слоем угля, будет пропорционально квадрату скорости движения газа, т.е.

$$h_e = \alpha v^2$$

потому, что

$$h_e = \int \frac{\rho v^2}{2g}$$

- где ξ - коэф. сопротивления слоя угля, находящегося в камере,
 γ - удельный вес газа кг/м³,
 v - скорость газового потока в камере м/сек.,
 $g = 9.81$ м/сек² - ускорение свободно падающего тела.

Следовательно при известной площади сечения камеры, гидравлическое сопротивление становится пропорциональным квадрату расхода газа.

$$h_e = a, v_2^2$$

где a , - коэффициент пропорциональности.

Рассмотренный случай движения постоянного количества газа через камеру при неизменной температуре, будет иметь место, если из холодного генератора отсасывать воздух.

На фиг. 26 приведены данные замеров сопротивления слоя топлива в камере газогенератора ГАЗ-42 в зависимости от расхода отсасываемого воздуха. Опытные точки расположились вблизи параболы

$$h_e = 0,01105 V_2^2 \dots \dots \dots /26/$$

Таким образом, этим экспериментом целиком подтверждается теоретическое воззрение о пропорциональности сопротивления холодного слоя топлива квадрату расхода воздуха.

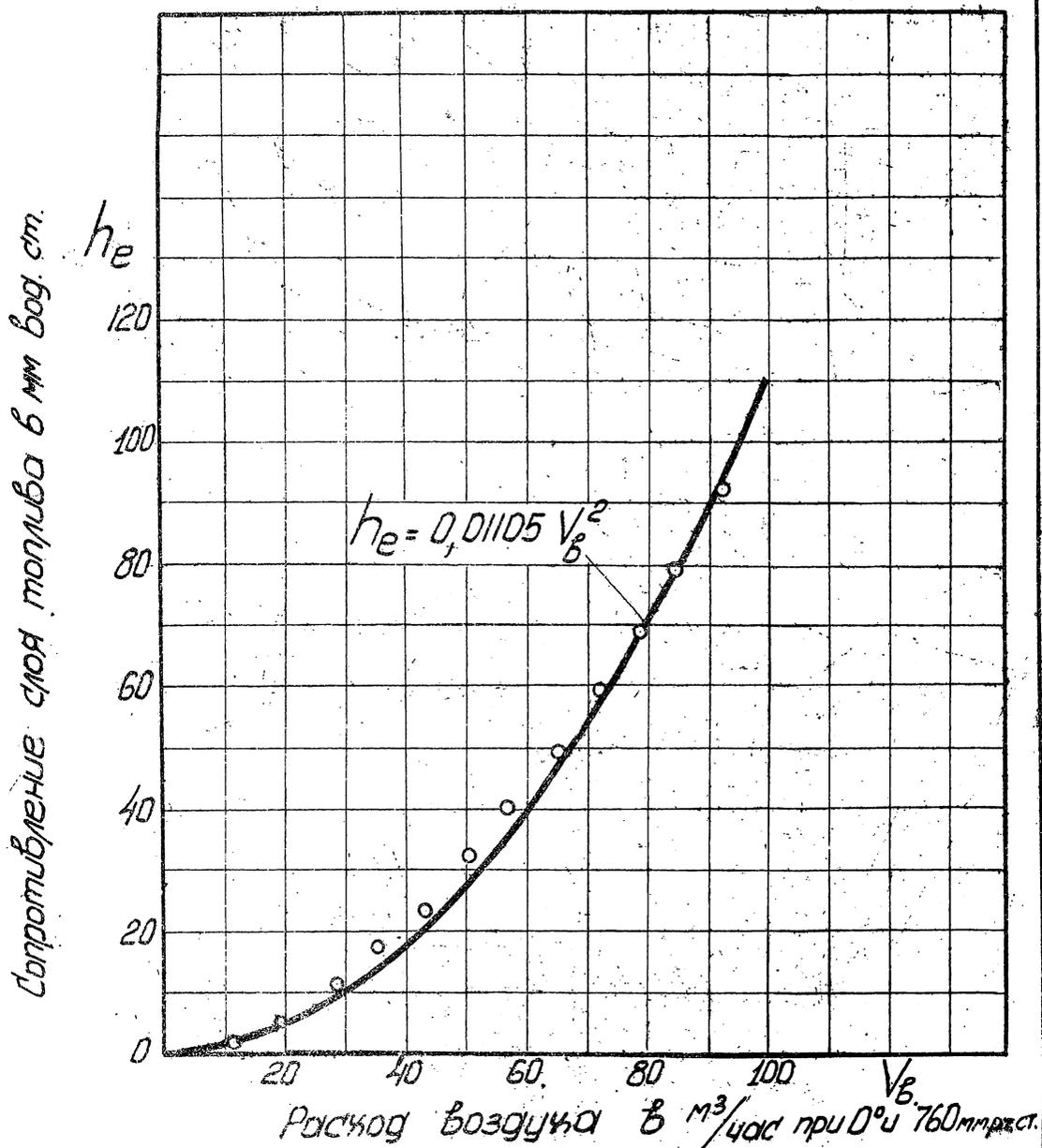
Многочисленными опытами удалось установить, что в действительных условиях газификация, когда обьем движущегося потока газа увеличивается, а температура неизменна по высоте реакционного слоя, гидравлическое сопротивление прямо пропорционально расходу газа или расходу рабочей смеси в первой степени.

На фиг. 27 представлена эта зависимость между сопротивлением слоя h_e и часовым расходом V_2 рабочей смеси газа с воздухом. Замеры сопротивления произведены при различных высотах реакционного слоя /от 35 до 305 мм/ и получены в экстенсивном газогенераторе с цилиндрической камерой диаметром 230 мм. Большинство опытных точек легло на прямую, проходящую через начало координат. Следовательно можно записать:

$$h_e = K_1 V_2$$

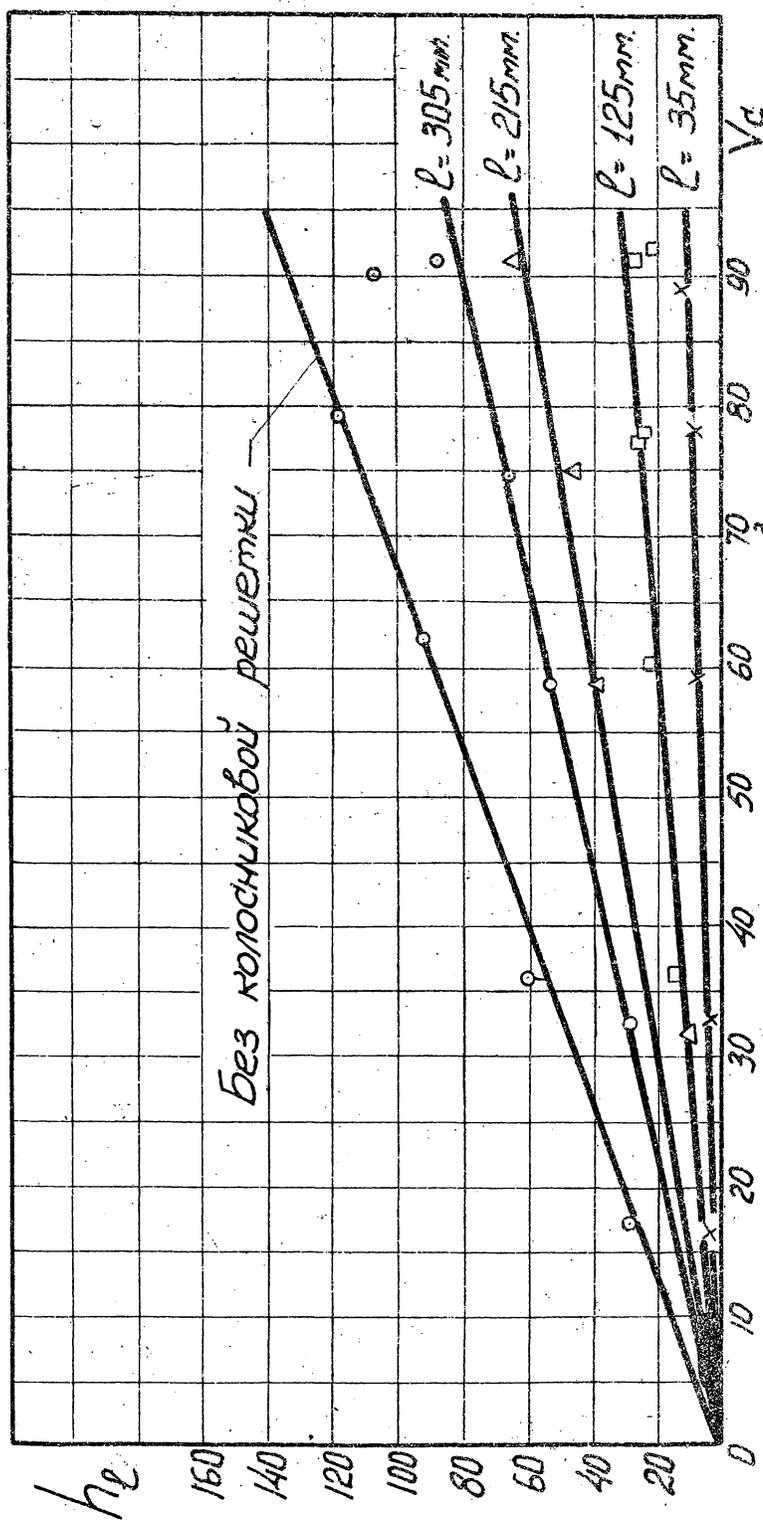
27/0

Зависимость сопротивления
топлива в холодном состоянии
от расхода воздуха в
газогенераторе ГАЗ-42



Зависимость сопротивления слоя топлива в цилиндрической камере различной высоты от расхода рабочей смеси.
Диаметр камеры 230 мм, шаг решетки 8 мм.

h_c - высота реакционного слоя топлива



Расход сухой смеси в час при $\theta = 760$ мм рт. ст.

Сопротивление слоя топлива в мм вод. ст.

где угловой коэффициент K_1 , зависит от высоты e слоя топлива.

б. Влияние высоты слоя и диаметра камеры.

При одном и том же расходе газа сопротивление слоя тем больше, чем выше слой топлива. По смыслу углового коэффициента K_1 , должен быть пропорционален высоте слоя e .

Тогда сопротивление слоя будет

$$h_e = K_2 e K_1$$

На фиг. 28 опытными данными доказано это положение. Сопротивление K_2 слоя топлива для камеры диаметром 230 мм пропорционально его высоте e при условии, конечно, одного и того же расхода смеси, равного в данном случае 100 м³/час.

Прямая пропорциональность между сопротивлением слоя и расходом рабочей смеси подтверждается другими опытами с камерами газификации меньшего диаметра. На фиг. 29 приведены данные для цилиндрической камеры диаметром 200 мм, а на фиг. 30 - для диаметра 120 мм. Здесь, в соответствии с предыдущим, сопротивление слоя прямо пропорционально расходу смеси и тем больше, чем выше слой топлива в камере.

Ввиду того, что скорость газа в камере пропорциональна его расходу, можно заключить, что сопротивление слоя будет также пропорционально и скорости газа в камере. Но скорость газа при данном его расходе обратно пропорциональна квадрату диаметра камеры. Этот очевидный вывод позволяет определить сопротивление слоя топлива следующим выражением.

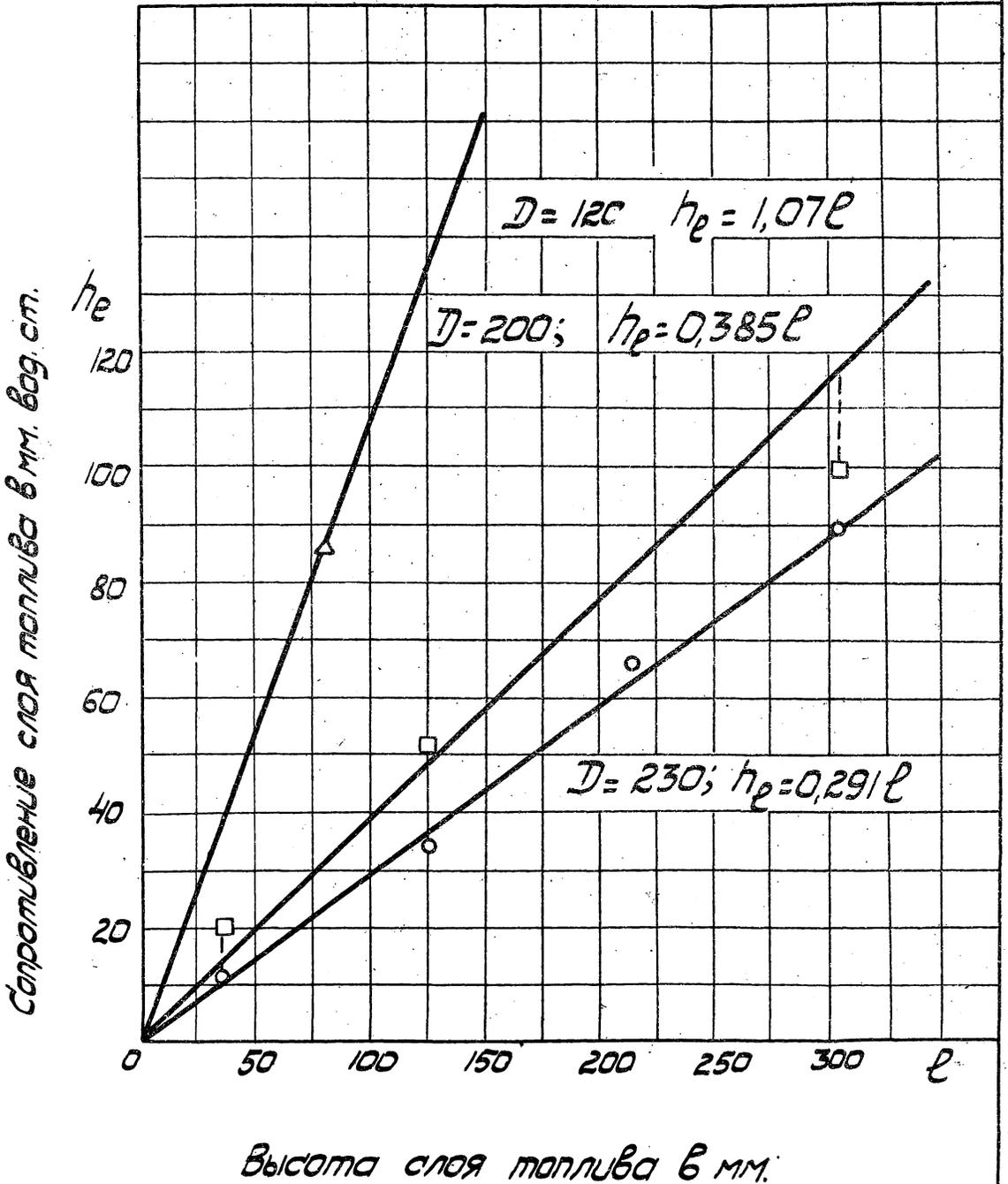
$$h_e = K \frac{e}{D^2} - V_c \text{ мм. вод.ст.,} /26/$$

где D - диаметр камеры в мм.

Таким образом, сопротивление реакционного слоя в цилиндрической камере прямо пропорционально высоте слоя и расходу рабочей смеси или газа, и обратно пропорционально квадрату диаметра камеры. Коэффициент "K" зависит от плотности реакционного слоя и поэтому может быть назван коэффициентом сопротивления слоя топлива. Согласно нашим наблюдениям при работе на березовых чурках $K = 154$. Следует иметь в виду, что это значение коэффициента "K" соответствует вычисленному газогенератору. При загрязненном генераторе "K" может возрасти в два и более раза.

Для трех различных камер диаметрами 120, 200 и 230 мм

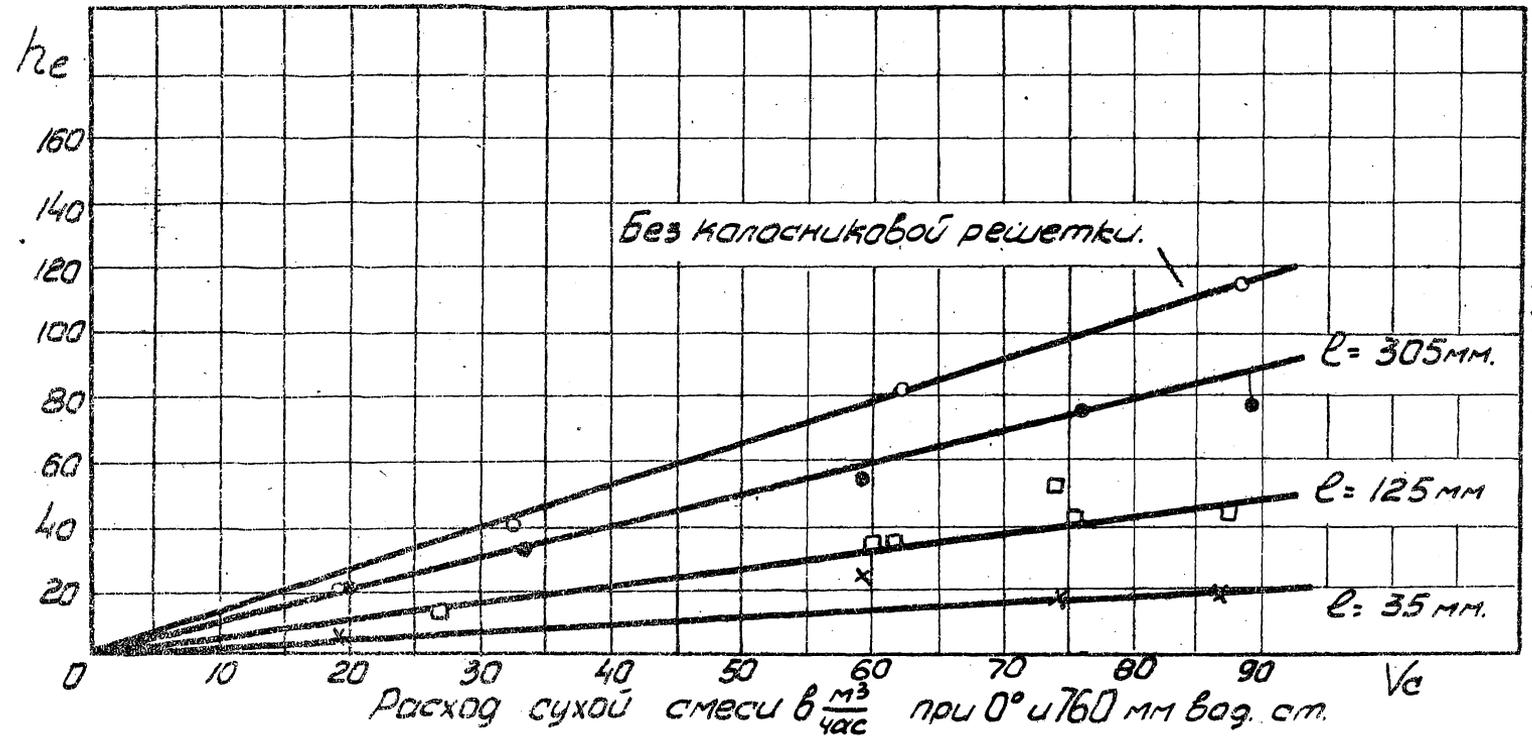
Зависимость сопротивления слоя топлива от его высоты в камерах различного диаметра при расходе рабочей смеси $V_c = 100 \text{ м}^3/\text{час}$.



Зависимость сопротивления слоя топлива в цилиндрической камере различной высоты от расхода сухой смеси.
Диаметр камеры 200 мм. Впуск Φ 8 мм.

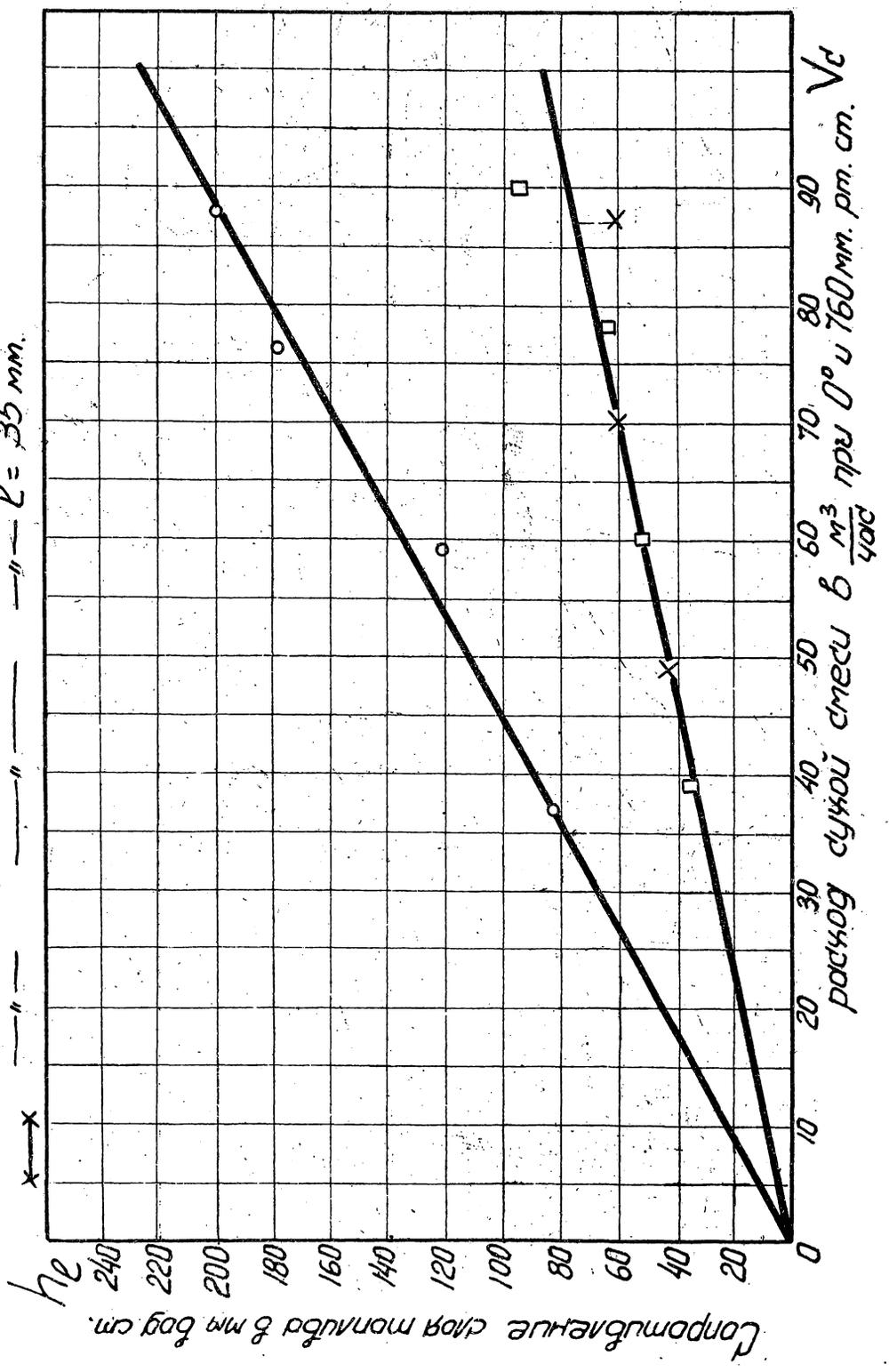
l - высота реакционного слоя топлива

Сопротивление слоя топлива в мм вод. ст.



Зависимость сопротивления слоя топлива в цилиндрической камере различной высоты от расхода рабочей смеси.
 Диаметр камеры 120 мм, 7фурм. ф8 мм

○ — Без колосниковой решетки
 □ — высота реакционного слоя $l = 125$ мм.
 × — " — " — " — $l = 35$ мм.



при расходе смеси $V_c = 100$ м³/час согласно уравнению 26 получаются следующие выражения для сопротивления слоя топлива.

$$h_e = 154 \cdot \frac{100}{120^2} \text{ см};$$

$$h_e = 154 \cdot \frac{100}{200^2} \text{ см};$$

$$h_e = 154 \cdot \frac{100}{230^2} \text{ см}$$

или:

$$h_e = 1,070 \text{ см вод.ст.} \dots \dots \dots /a/$$

$$h_e = 0,385 \text{ см вод.ст.} \dots \dots \dots /b/$$

$$h_e = 0,291 \text{ см вод.ст.} \dots \dots \dots /c/.$$

На фиг. 28 построены прямые, удовлетворяющие этим уравнениям. Не трудно видеть для всех камер достаточно хорошее совпадение эмпирической зависимости /26/ с результатами экспериментальных наблюдений.

в/ Сопротивление реакционного слоя топлива в конусной камере и в камере типа Имберт.

Существующие газогенераторы обычно имеют камеры, выполненные в виде одного или нескольких конусов. Применительно к этим камерам формула /26/ оказывается непригодной, поскольку она выведена для камеры с постоянной площадью сечения.

Найдем кратчайшее выражение сопротивления реакционного слоя для конусной камеры, изображенной на фиг. 31. Если в каком-либо ее сечении x выделить слой угля, имеющий бесконечно малую высоту de , то сопротивление этого слоя можно найти, как для цилиндрической камеры с диаметром D и высотой de . Следовательно, элементарное сопротивление выделенного слоя будет

$$dh_e = K \frac{de}{D^2} V_c$$

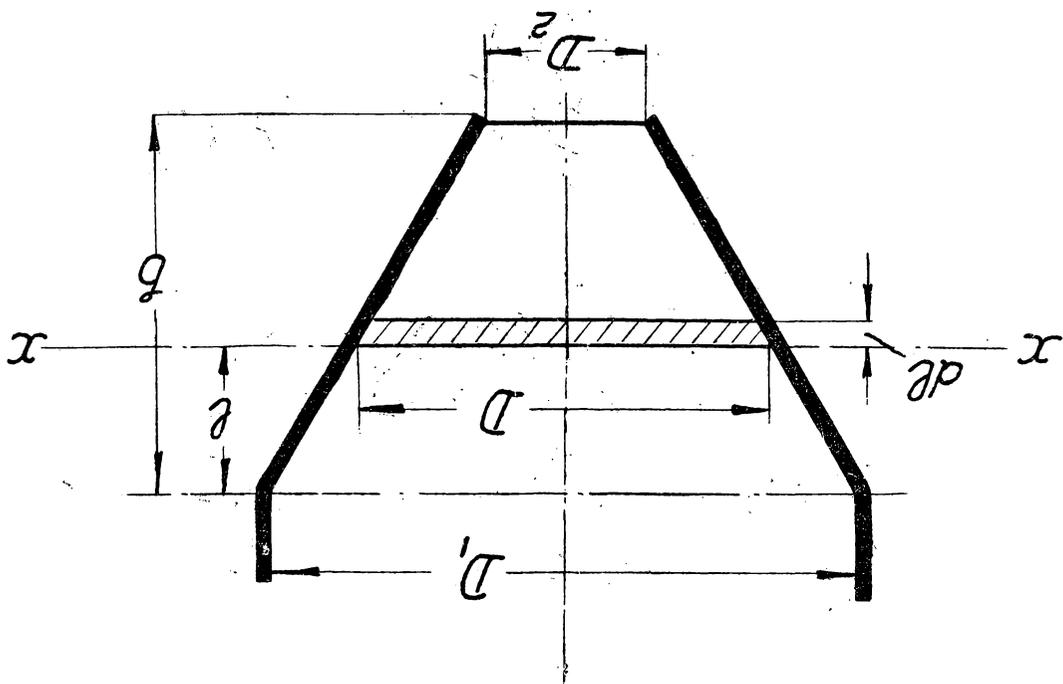


Схема конусной камеры суживающей.

Полное сопротивление камеры представляет сумму элементарных сопротивлений всех ее бесконечно малых слоев в границах от 0 до δ :

$$h_c = K \int_0^{\delta} \frac{de}{D^2} V_c$$

Если принять с некоторой погрешностью расход газа для всех слоев камеры постоянным, то и расход смеси

$$V_c = \text{const} \quad , \quad \text{а} \quad h_c = K V_c \int_0^{\delta} \frac{de}{D^2}$$

На фиг. 31 видно, что $\frac{D_1 - D}{e} = \frac{D_1 - D_2}{\delta}$,

откуда

$$D = D_1 - \frac{D_1 - D_2}{\delta} e,$$

где D и e величины переменные.

Дифференцируем это уравнение :

$$dD = - \frac{D_1 - D_2}{\delta} de$$

Откуда

$$de = - \frac{\delta}{D_1 - D_2} dD$$

Если теперь de выразить через dD , то

$$\begin{aligned} h_c &= -K V_c \int_{D_1}^{D_2} \frac{\delta}{D_1 - D_2} \frac{dD}{D^2} = - \frac{K \delta V_c}{D_1 - D_2} \left[- \frac{1}{D} \right]_{D_1}^{D_2} = \\ &= \frac{K \delta V_c}{D_1 - D_2} \left[\frac{1}{D_2} - \frac{1}{D_1} \right] = \frac{K \delta V_c}{D_1 \cdot D_2} \end{aligned}$$

Итак, полное сопротивление конусной части камеры составляет

$$h_e = K \frac{b}{D_1 \cdot D_2} V_c \text{ мм вод.ст.} \dots \dots \dots /27/$$

где b - высота камеры в мм.

D_1 и D_2 - диаметры усеченного конуса в мм,

V_c - расход смеси, поступающей в двигатель в м³/час при θ° и 760 мм рт.ст.

K - коэффициент сопротивления слоя топлива.

Надо сказать, что для конуса, уширяющегося книзу, получается тот же результат.

Сопротивление камеры газификации типа "Имберт" очевидно, складывается из сопротивлений трех ее элементов: цилиндра и двух конусов, сложенных вместе меньшими основаниями /см.фиг.32/. Следовательно, ее сопротивление, как нетрудно заключить, будет равно

$$h_e = K V_c \left(\frac{a}{D_1^2} + \frac{b}{D_1 \cdot D_2} + \frac{c}{D_2 \cdot D_3} \right) \text{ мм вод.ст.} \dots \dots \dots /28/$$

Для газогенератора ГАЗ-42, у которого

| | |
|----------------|-------------|
| $D_1 = 200$ мм | $a = 35$ мм |
| $D_2 = 120$ мм | $b = 52$ мм |
| $D_3 = 270$ мм | $c = 87$ мм |

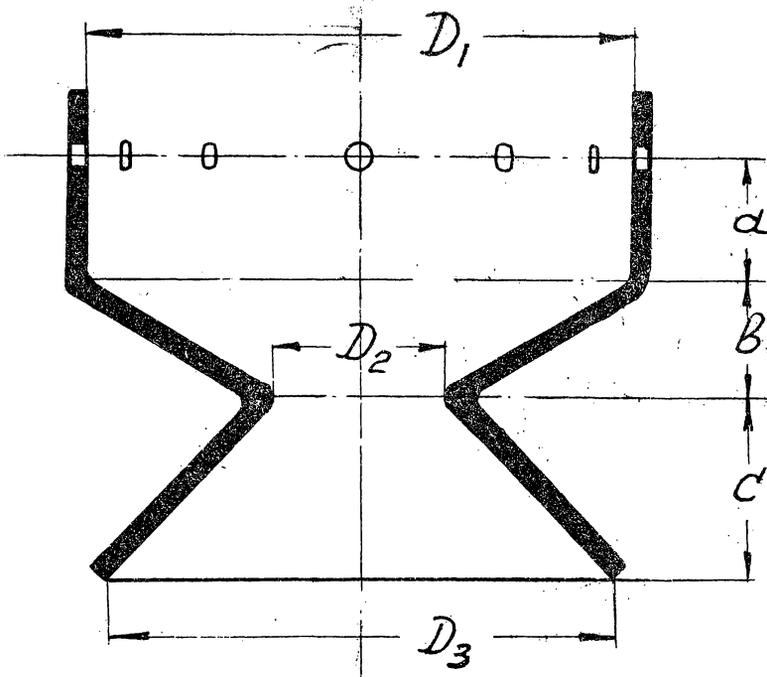
Сопротивление камеры составит при расходе в 120 м³/ч

$$h_e = 154 \cdot 120 / \frac{35}{200^2} + \frac{52}{200 \cdot 120} + \frac{87}{120 \cdot 270} / = 106 \text{ мм вод.ст.}$$

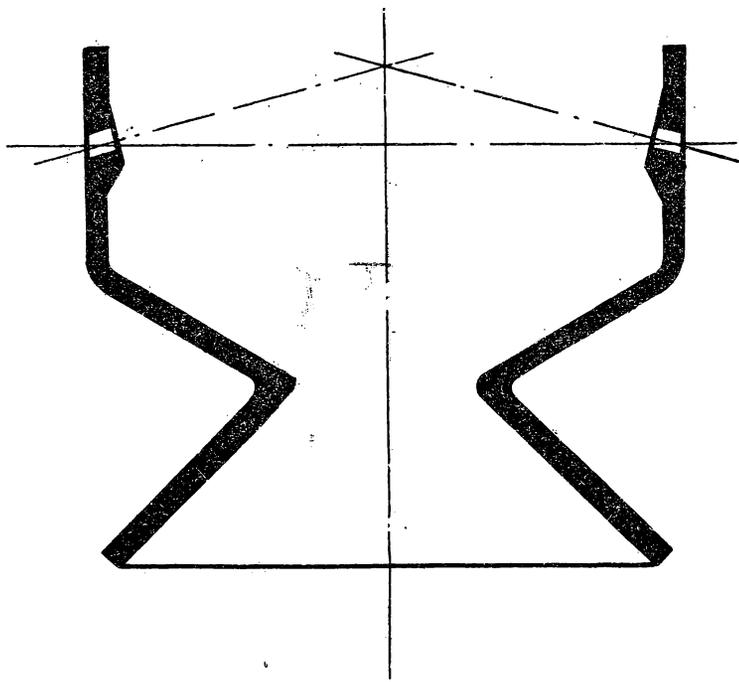
Сопротивление слоя угля, окружающего камеру, весьма незначительно из-за малых скоростей газа и поэтому его в расчет можно не принимать.

Следует указать, что приведенные здесь эмпирические формулы базируются на опытном материале, полученном с камерами, обеспечивающими относительно хорошую стабиль-

Схема камеры газификации
типа ИМБЕРТ.



Наклонное расположение фурм
в камере типа ИМБЕРТ.



ность плотности реакционного слоя. Однако, могут существовать и камеры с неправильной конфигурацией, при которой возможно быстрое изменение плотности реакционного слоя. Так например, если в камере типа "Имберг" фурменные отверстия расположить наклонно, как показано на фиг. 33, то центр активного горения переместится кверху. Это ослабит сгорания мельчайших частиц угля в горловине и вызовет в ней повышение плотности слоя и рост сопротивления потоку газа. То же явление может иметь место и при чрезмерном удалении горловины от плоскости фурм.

Начальник Газогенераторного
Отдела инж. С.О. БРУМАН

Работу выполнил:
Ст. научный сотрудник,
Кандидат тех. наук И.С. МЕЗИН