

С 131
85

СССР
МИНИСТЕРСТВО МАШИНОСТРОЕНИЯ

НАТИ

"УЛУЧШЕНИЕ АГРЕГАТОВ СИСТЕМЫ
ОЧИСТКИ ГАЗА ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ
ТРАКТОРОВ"

Раздел I: "Исследование работы
циклонов"

ОТДЕЛ ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
г. Москва ≡ 1954 г.

C 131
85

СССР
Министерство Машиностроения
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОЮЗНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТРАКТОРНЫЙ ИНСТИТУТ
НАТИ

ОТДЕЛ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ
ТРАКТОРОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ГАЗООЧИСТКИ

"УЛУЧШЕНИЕ АГРЕГАТОВ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ
ГАЗА ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ ТРАКТОРОВ"

Раздел I: "Исследование работы циклонов"

(Работа выполнена в 1952 г.)

Директор НАТИ-С.И. АКОПЯН.

Зам.директора НАТИ по научной работе-Б.И. ГОСТЕВ.

ОТДЕЛ ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
г. Москва — 1954 г.

О Г Л А В Л Е Н И Е

	стр.
А н н о т а ц и я	
В в е д е н и е	1
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЦИКЛОНОВ ...	2
I. ЦИКЛОНЫ, НАШЕДШИЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОЧИСТКИ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА В АВТОТРАКТОРНЫХ УСТАНОВКАХ ...	2
II. ЦИКЛОНЫ, НАШЕДШИЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВКАХ	7
III. ВЫВОДЫ ИЗ РАССМОТРЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЦИКЛОНОВ	12
IV. ИСПЫТАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЦИКЛОНОВ ПРИ РАБОТЕ НА ОЧИСТКЕ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА, ВЫРАБАТЫВАЕМОГО ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТОПЛИВ	13
§ I. Объект исследования	13
§ 2. Программа и методика испытаний	13
А. Программа испытаний	13
Б. Методика испытаний	13
§ 3. Описание конструкций циклонов	14
А. Циклон для очистки газа, вырабатываемого из битуминозных топлив	14
Б. Циклон для очистки газа, вырабатываемого из тощих топлив	14
§ 4. Анализ результатов испытаний циклонов	15
А. Характеристика скорости во входном патрубке циклона ГБ для очистки газа, вырабатываемо- го из битуминозных топлив	15
Б. Характеристика скорости во входном патрубке циклона ГТ для очистки газа, вырабатываемо- го из тощих топлив	16
В. Характеристика пыли	16
Г. Начальное пылесодержание газа	18
Д. Конечное пылесодержание газа	18



54-39673

В В Е Д Е Н И Е

Использование генераторного газа в тракторах в большой степени определяется качеством его очистки.

Применяющаяся в настоящее время система очистки газа состоит из аппаратов, работающих с использованием центробежного эффекта /циклоны/ и аппаратов мокрой очистки газа /фильтров тонкой очистки газа/.

Считается, что очистка газа от пыли крупной фракции производится в циклонах и от пыли мелкой фракции в фильтрах тонкой очистки.

Проведенные до сего времени испытания существующих агрегатов очистки генераторного газа в лабораторных и полевых условиях показали, что, несмотря на общую относительно высокую степень очистки, эффективность каждого из агрегатов оставляет желать лучшего. Было выявлено также, что степень очистки зависит от вида топлива, из которого вырабатывается генераторный газ.

Кроме указанного, обращало на себя внимание значительное гидравлическое сопротивление агрегатов очистки.

Проведенные в настоящее время теоретические и экспериментальные работы позволяют не снимать вопроса о дальнейшем совершенствовании этих агрегатов очистки.

Данный раздел посвящен исследованию агрегатов так называемой грубой очистки генераторного газа - циклонов. Целью настоящей работы является проверка существующей конструкции агрегатов и выявление эффективности вновь созданных конструктивно улучшенных циклонов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ЦИКЛОНОВ

Для выделения из газа взвешенных частиц еще в 80-х годах прошлого столетия стали применяться центробежные пылеотделители-циклоны.

Однако до сего времени отсутствует надежный метод теоретического расчета этих агрегатов.

Попытки теоретического расчета вследствие весьма сложного движения газа в циклоне не являются надежными и дают сильно преувеличенные результаты. Это несоответствие практических результатов и теоретических расчетов заставляет искать новые конструкции пылеотделителей.

Рассмотрим некоторые схемы циклонов, нашедших применение для целей выделения взвесей из газового потока.

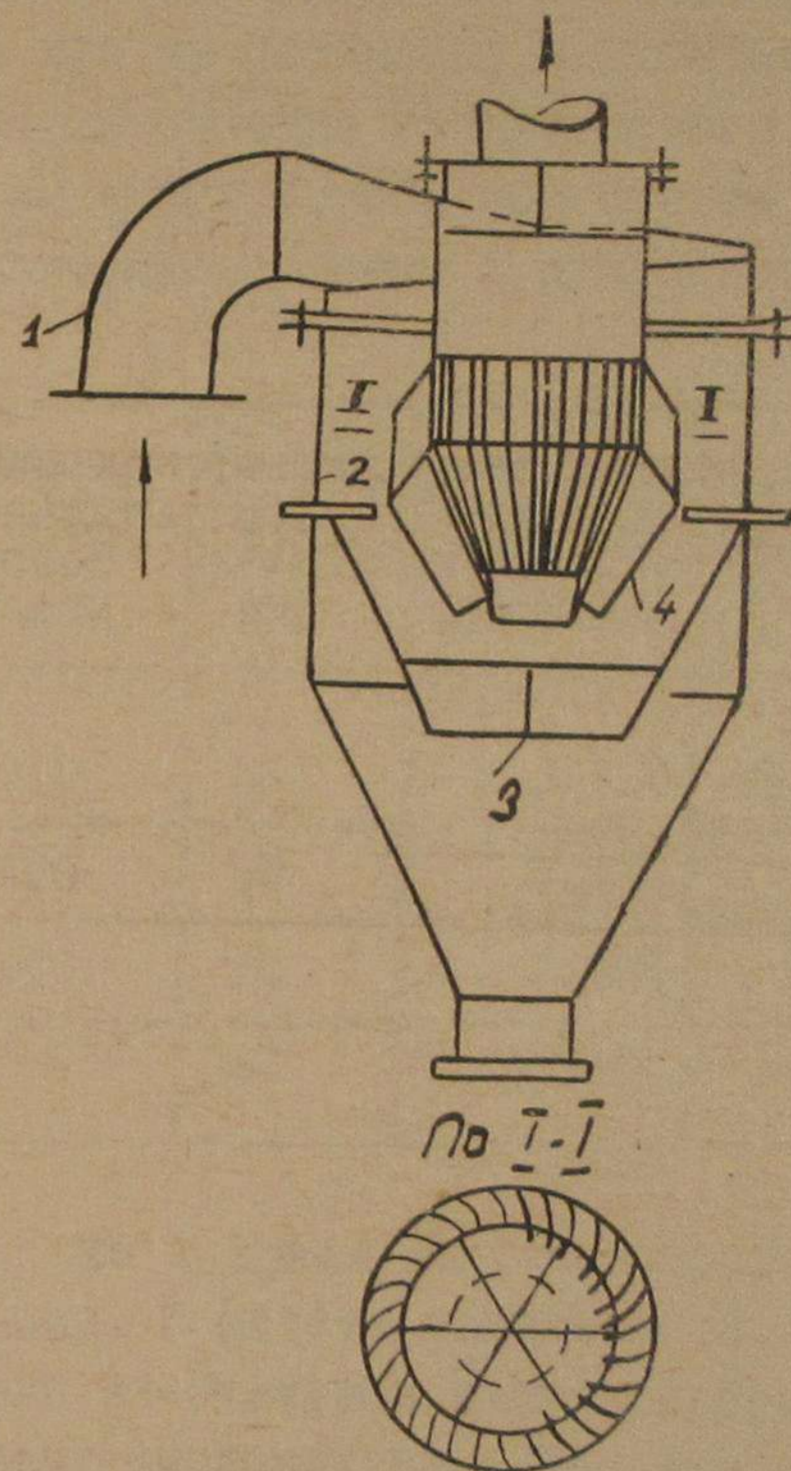
I. ЦИКЛОНЫ, НАШЕДШИЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОЧИСТКИ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА В АВТОТРАКТОРНЫХ УСТАНОВКАХ

I/ В 1938 г. в НАМИ были испытаны циклоны для газогенераторного трактора ХТЗ /I/. Испытанию подверглись циклоны типа Фаун /фиг. I/.

Устройство этих циклонов следующее.

Газ входит в циклон касательно к внутренней поверхности кожуха через патрубок I и приобретает вращательное движение относительно вертикальной оси циклона. Частицы пыли под действием центробежной силы двигаются по направлению радиуса к внутренней поверхности стенки корпуса 2, достигнув которой, опускаются в коническую часть циклона, а затем выпадают под действием сил тяжести в пылесборник.

Крестовина 3 предназначена для того, чтобы вращающийся поток газа не смог попасть в пылесборник. Достигнув крестовины, винтовой поток газа отражается и, освободившись от большого количества пыли, поднимается вверх. Лопатки 4 на выхлопной трубе устроены для того, чтобы при выходе пыль не уносилась с газом.



Фиг. 1

Были испытаны два циклона указанной конструкции. Первый - с диаметром цилиндрической части 210 мм /малый циклон/ и второй - с диаметром цилиндрической части 300 мм /большой циклон/.

Циклоны /малый и большой/ были установлены последовательно /фиг. 2/ по два на установку и испытаны в продолжении 20 часов при работе на очистке генераторного газа, вырабатываемого из древесных чурок /смесь 50% березы и 50% сосны/.

Результаты испытаний сведены в нижеследующую таблицу:

Тип циклонов	Диаметр цилиндрической части	Расход газа в м ³ /час снг	Конечное пылесодержание в г/м ³ снг	Степень очистки в %	Сопротивление в мм вод. ст.
Малые	210	85	2,3-1,6	19-40	219-238
"	210	50	0,876	64	58
Большие	300	93	0,695	54,5	95
Большие	300	53	0,236	67,5	28

Примечательно, что коэффициент очистки при уменьшении расхода газа повышался. В отчете указывается, что при непрерывном отборе пыли из бункеров циклонов коэффициент очистки повышался в малых циклонах на 2-3%; это свидетельствует о том, что пыль может уноситься из бункера в выхлопную трубу. Ситовой анализ пыли, оседающей в циклонах, показал следующие результаты:

По малым циклонам

а/ Основная масса пыли /больше 60%/, оседающей в первом и втором циклонах, состоит из весьма мелких /меньше 57 микрон/ пылинок, приближающихся по размерам к величине сажистых частиц.

б/ Пыли с фракцией выше 117 микрон несколько больше вы-

падает в первом циклоне /на 4%/.

в/ Пыли с фракцией выше 226 микрон выпадает не более 7%.

г/ Пыли с фракцией больше 425 микрон в первом циклоне выпадает в 3 раза больше, чем во втором.

По большим циклонам

а/ Пыли с фракцией меньше 57 микрон в первом циклоне собрано 37-44% и во втором циклоне 54-68%.

б/ Пыли с фракцией больше 425 микрон во втором циклоне выпадает в 7 раз больше, чем в первом.

Анализ пыли на зольность показал следующие результаты:

Зольность в первом и во втором циклонах /малом и большом/ составила от 35 до 50%. Причем меньший процент зольности пыли обнаружен во втором /большом/ циклоне.

Таким образом, несмотря на весьма малый размер частиц, 50% /по весу/ осевшей пыли представляют собой тяжелую пыль.

Анализируя изложенный материал, можно сделать следующие выводы:

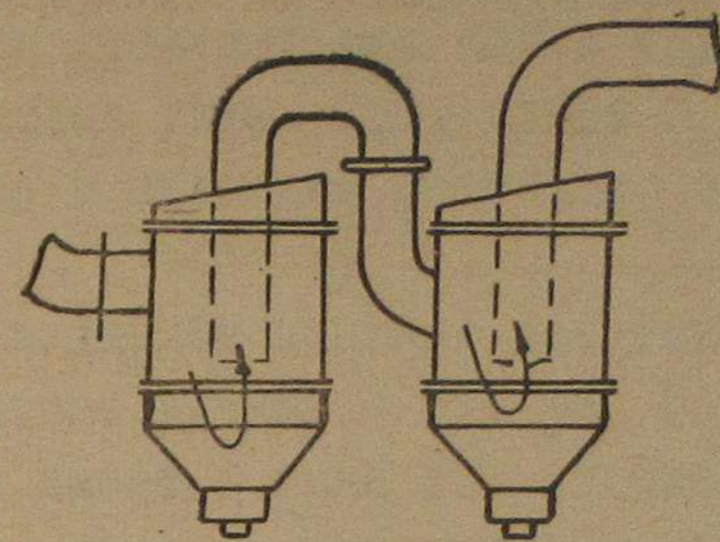
А/ Циклоны малый и большой имеют низкую степень очистки.

Б/ На эффективность очистки влияет скорость движения газа через циклон, причем интересно, что повышение скорости /расхода/ не дало увеличения степени очистки газа; видимо при повышении скорости имел место унос пыли через крестовину; возможно, что большая скорость во всасывающей трубе способствует уносу пыли.

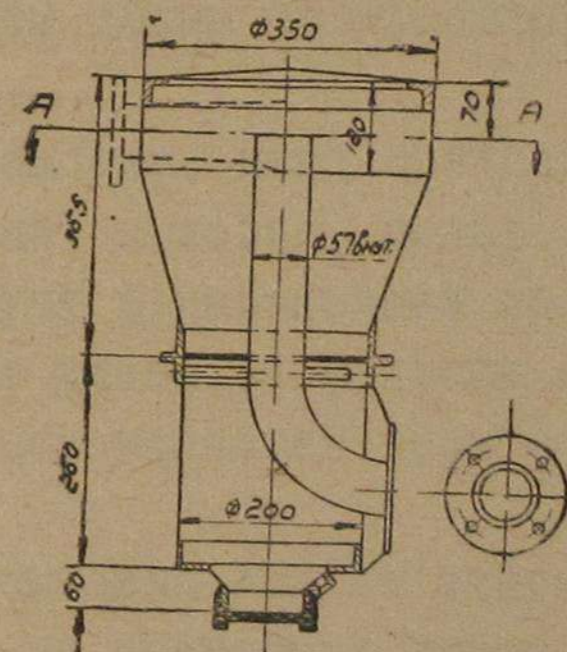
2/ В 1936 году в НАТИ [2] проведены испытания очистителя Декаленкова /фиг. 3/. Из фиг. 3 видно, что очиститель Декаленкова представляет собой примитивный циклон.

Испытания проводились в продолжении 10 часов при работе на очистке генераторного газа, вырабатываемого из сосновых чурок влажностью 12-18%.

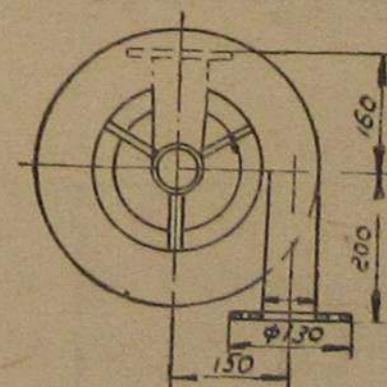
Коэффициент очистки очистителя Декаленкова не превышал 24,6%.



Фиг. 2



Разрез по А-А



Фиг. 3

3/ В 1937 году была попытка применить для целей очистки генераторного газа циклон с горизонтально расположенной осью /фиг. 4/. Этот циклон представляет собою трубу, внутрь которой вставлен архимедов винт. Газ, входя в трубу, совершает вращательное движение в винтовом газоходе, образованном трубой и винтом.

Диаметр витков в данном циклоне равняется 61,5 мм, с шагом 64 мм. Общая длина витков - 576 мм. Горизонтальная труба в нижней части имеет 4 окна для отделения пыли. Пыль собирается в герметические секции пылесборной камеры. Высота камеры - 300 мм. Преимущества указанного циклона перед другими состоят в следующем:

а/ Отсутствует выхлопная труба, что уменьшает диаметр циклона, увеличивая тем самым центробежную силу, от которой зависит пылеотделение.

б/ Секционное осаждение пыли создает гарантию против уноса выделившейся пыли, которая, попав в секцию пылесборной камеры, уже не участвует в дальнейшем процессе пылеотделения.

в/ Компактность и удобство монтажа циклона на машине. Недостатком циклона является сравнительная сложность конструкции.

Циклон прошел испытания [3] на очистке генераторного газа, вырабатываемого из древесных чурок влажностью 15%.

Результаты испытаний горизонтального циклона сведены в нижеследующую таблицу:

Расход газа в м ³ /час	Пылесодержание газа до циклона в г/м ³ снг	Степень очистки в %	Сопротивление в мм вод. ст.
85,0	2,5	36,5	152
66,0	1,8	62,5	100

Сравнительно низкий коэффициент очистки объясняется конструктивной недоработкой циклона /малые размеры карманов, отсутствие в карманах успокоителей вихрей, неудачное расположение окон/.

4/ Проведение испытаний [4] аналогичного циклона на искусственном запыливании показало следующую степень очистки:

при запыливании пылью 270-500 микрон $\eta = 98-88\%$,
 " " " " " 195-220 микрон $\eta = 80-68\%$ и
 при крупности пылинок 76-140 микрон $\eta = 50-46\%$.

Сопротивление циклона при этом /при расходе воздуха в 100 м³/час/ не превышало 35 мм вод. ст.

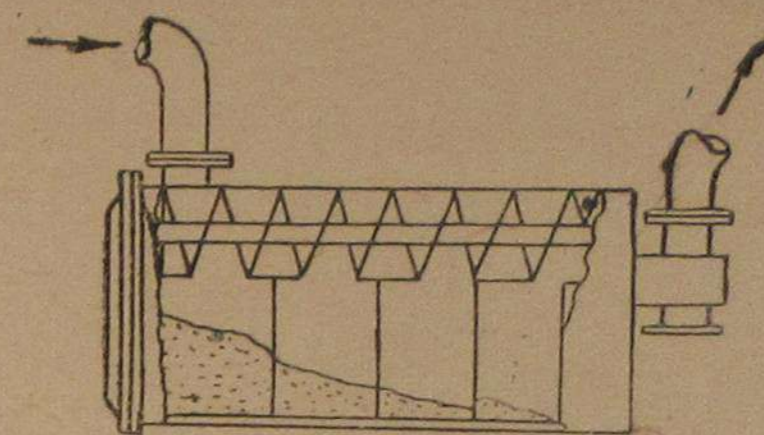
5/ Испытания циклонов Урал-ЗИС /фиг. 5/, НАМИ/фиг. 6/ и НИОГАЗ-НАМИ /фиг. 7/ на очистке генераторного газа, вырабатываемого из древесных чурок, показали следующие результаты [5] /см. нижеследующую таблицу./.

Циклон	Расход газа в м ³ /час снг	Плесодержан. газа после циклона в г/м ³ снг	Степень очистки в %
Урал-ЗИС	60,1-85,8	0,236-0,43	61,7-78,4
НАМИ	66,0-92,3	0,226-1,48 ^{х/}	84,5-81,6
НИОГАЗ-НАМИ	56,3-79,0	0,277-0,308	88,2-90,5

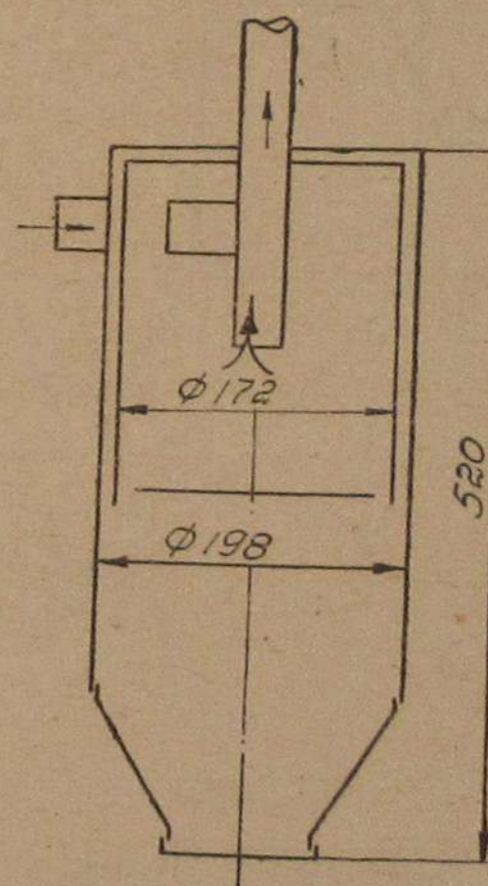
Из таблицы видно, что циклон Урал-ЗИС показал худшие результаты по очистке газа по сравнению с циклонами НАМИ и НИОГАЗ-НАМИ.

Нельзя не отметить, что на конечное пылесодержание газа нередко влиял неравномерный рост угольной зоны вокруг камеры газификации.

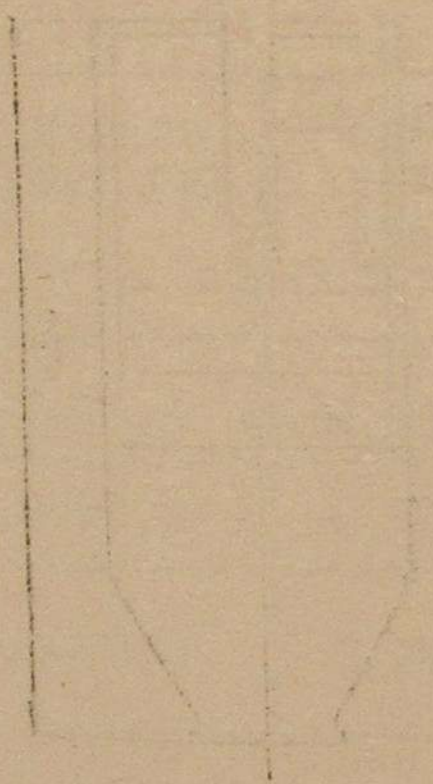
х/ Большой унос пыли из газогенератора.



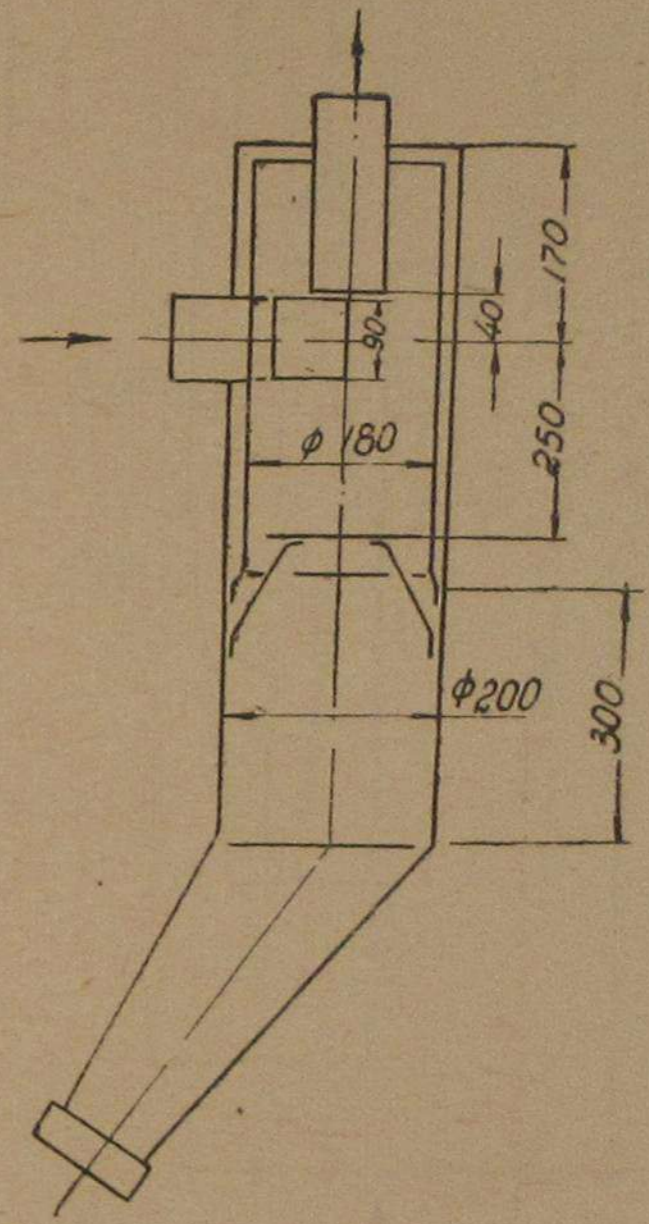
Фиг. 4



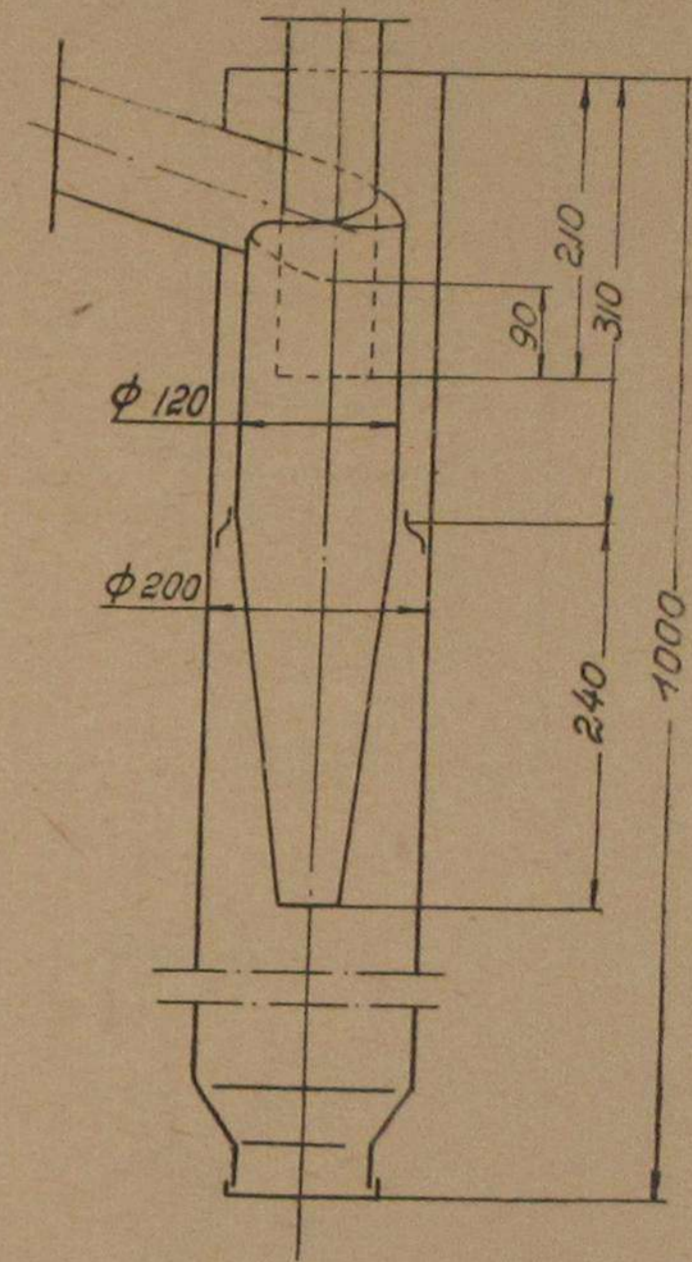
Фиг. 5
Циклон Урал-ЗИС



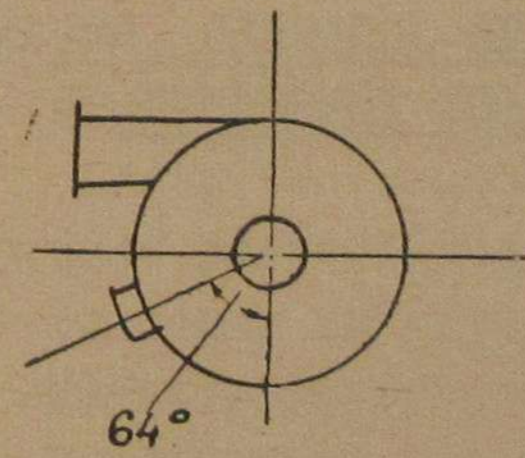
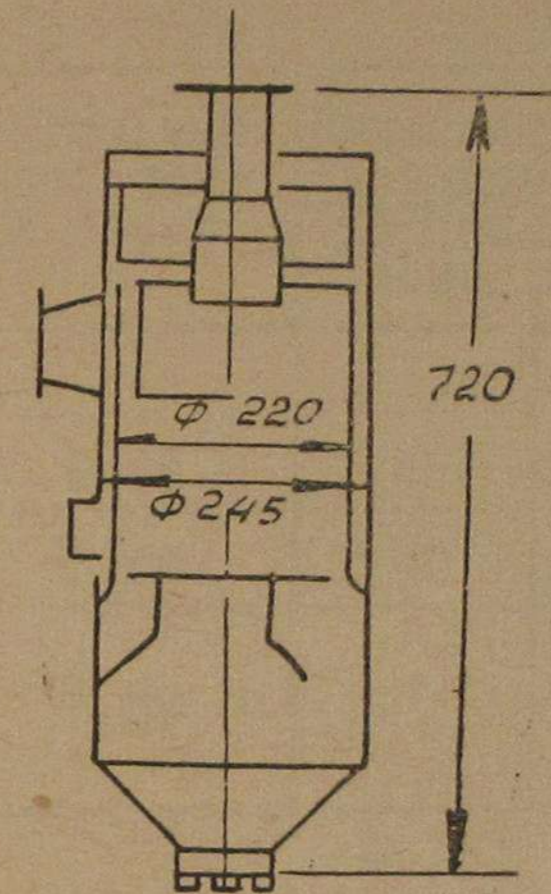
Циклон НАМИ



Фиг. 6
Циклон НАМИ



Фиг. 7
Циклон НИОГАЗ-НАМИ



Фиг. 8

6/ Испытания циклона НАМИ-Г-76А /фиг. 8/ дали следующие результаты /6/ /см. нижеследующую таблицу/. Испытания проводились на установке искусственного запыливания.

Расход воздуха в м ³ /час	Вид пыли	Удельный вес пыли в г/см ³	Пылесодержание воздуха в г/м ³		Степень очистки в %
			до циклона	после циклона	
60	Древесно-угольная	1,46	1,45	0,228	84,5
90	"	1,46	1,43	0,194	86,4
90	Антрацитовая	1,69	-	-	89,0

II. ЦИКЛОНЫ, НАШЕДШИЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСТАНОВКАХ

1/ Первая конструкция циклона представляла следующее: верхняя часть циклона состояла из двух концентрически расположенных цилиндров. Диаметр внутреннего цилиндра равнялся радиусу наружного. К наружному цилиндру присоединялась коническая часть циклона с углом при вершине около 60°; коническая часть заканчивалась отверстием для удаления твердых частиц.

Исследования показали, что время воздействия центробежной силы на взвешенные в газе частицы незначительно и поэтому степень очистки этого циклона оказалась недостаточно высокой.

2/ Стремясь улучшить конструкцию, внутри циклонов начали устраивать направляющие ребра, имея в виду обеспечить более правильное вращательное движение газа.

Однако наблюдениями было установлено, что подобные ребра представляют собой большие сопротивления, вследствие

имеющих место сильных вихреобразований.

В целях устранения вихреобразований в цилиндрическую часть циклона ввели спиралеобразные направляющие поверхности; при этом сечение каналов, образуемых этими поверхностями с наружным кожухом циклона, таково, что скорости в них меньше, чем в подводящей трубе /фиг. 9/.

Подводящий канал около циклона расширяется настолько, чтобы струи газа шли по возможности всем сечением спиралеобразного канала.

Спиралеобразные направляющие плоскости снизили сопротивление в самом циклоне.

3/ Конструкция циклона со спиралеобразными плоскими каналами, направляющими газ к центру, представлена на фиг. 10. Во внутреннем цилиндре, представляющем выкидную трубу, имеется отверстие "а" для отвода очищенного газа.

Степень очистки такого типа циклонов не превышает 65%.

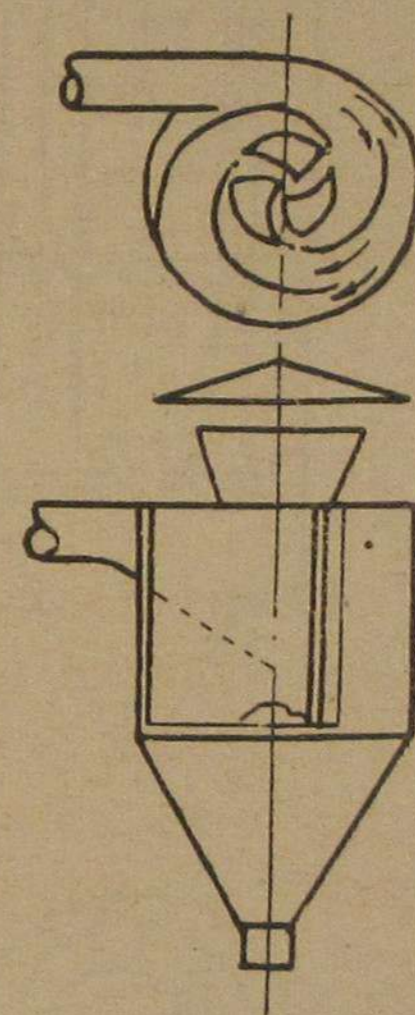
Примером циклона со спиралеобразным газоходом внутри служит циклон, представленный на фиг. 11.

Поступающий газ направляется по винтовому газоходу, боковых стенок у которого не имеется; их заменяет ряд вертикальных ребер, образующих с наружным кожухом циклона систему отстойных ячеек.

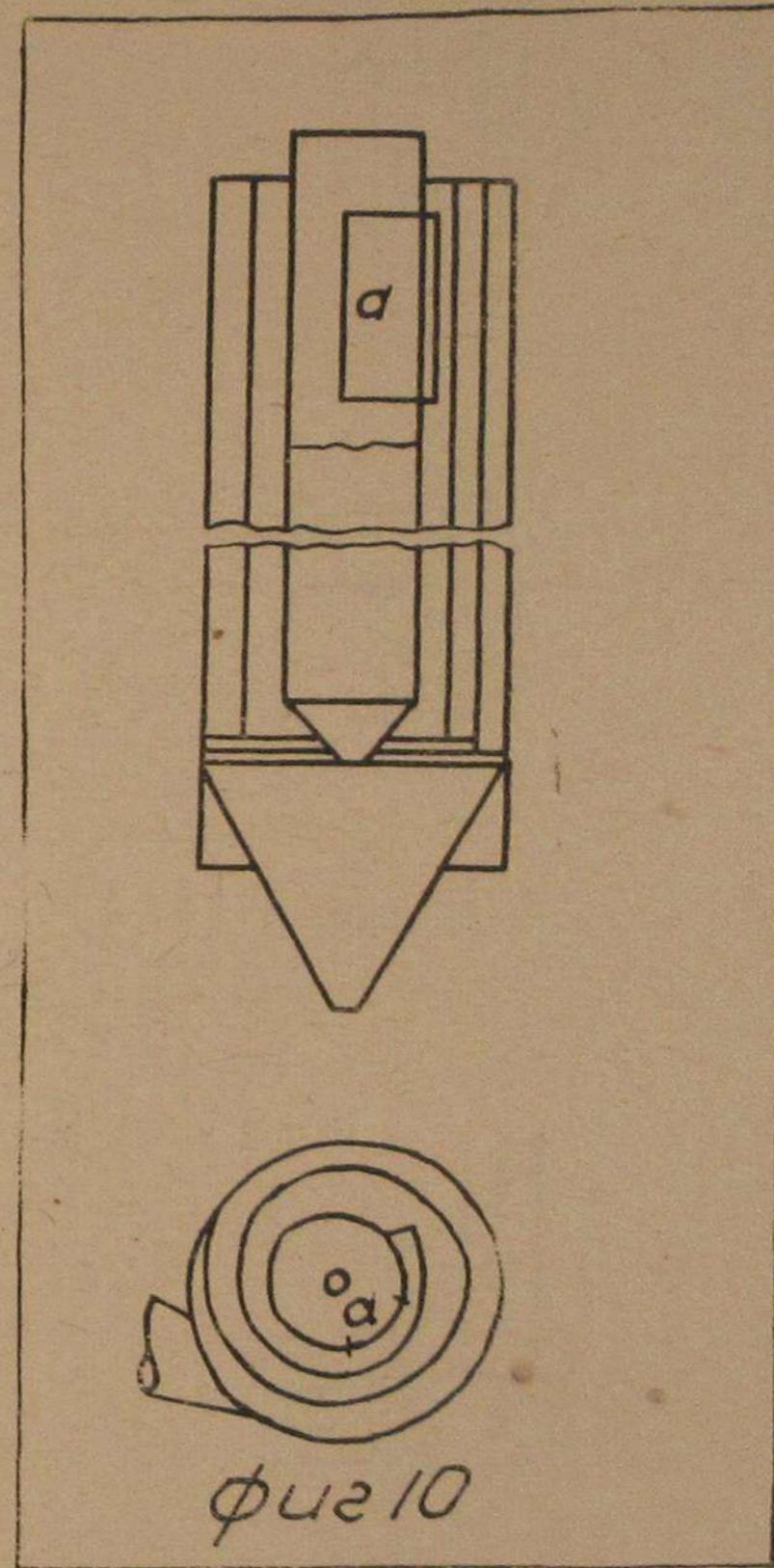
Взвешенные частицы, отбрасываемые центробежной силой к периферии, попадают в ячейки, а оттуда, потеряв скорость, скользят вниз. Выкидная труба в таком циклоне - небольшого размера.

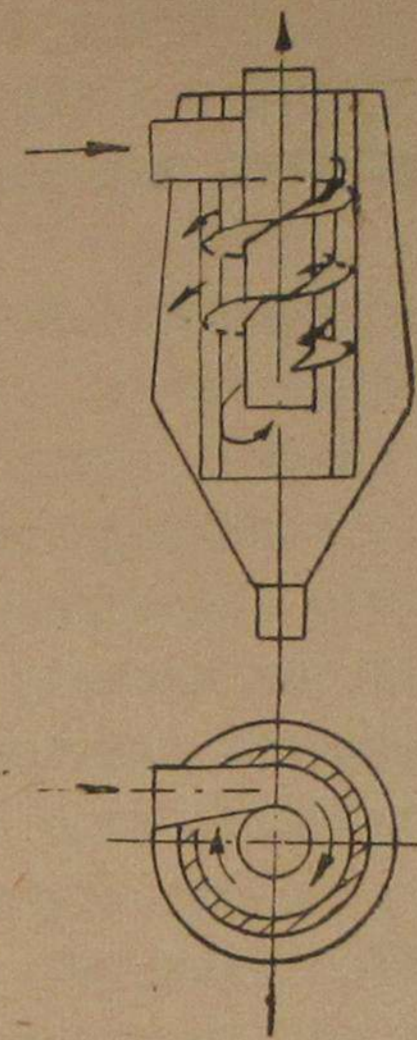
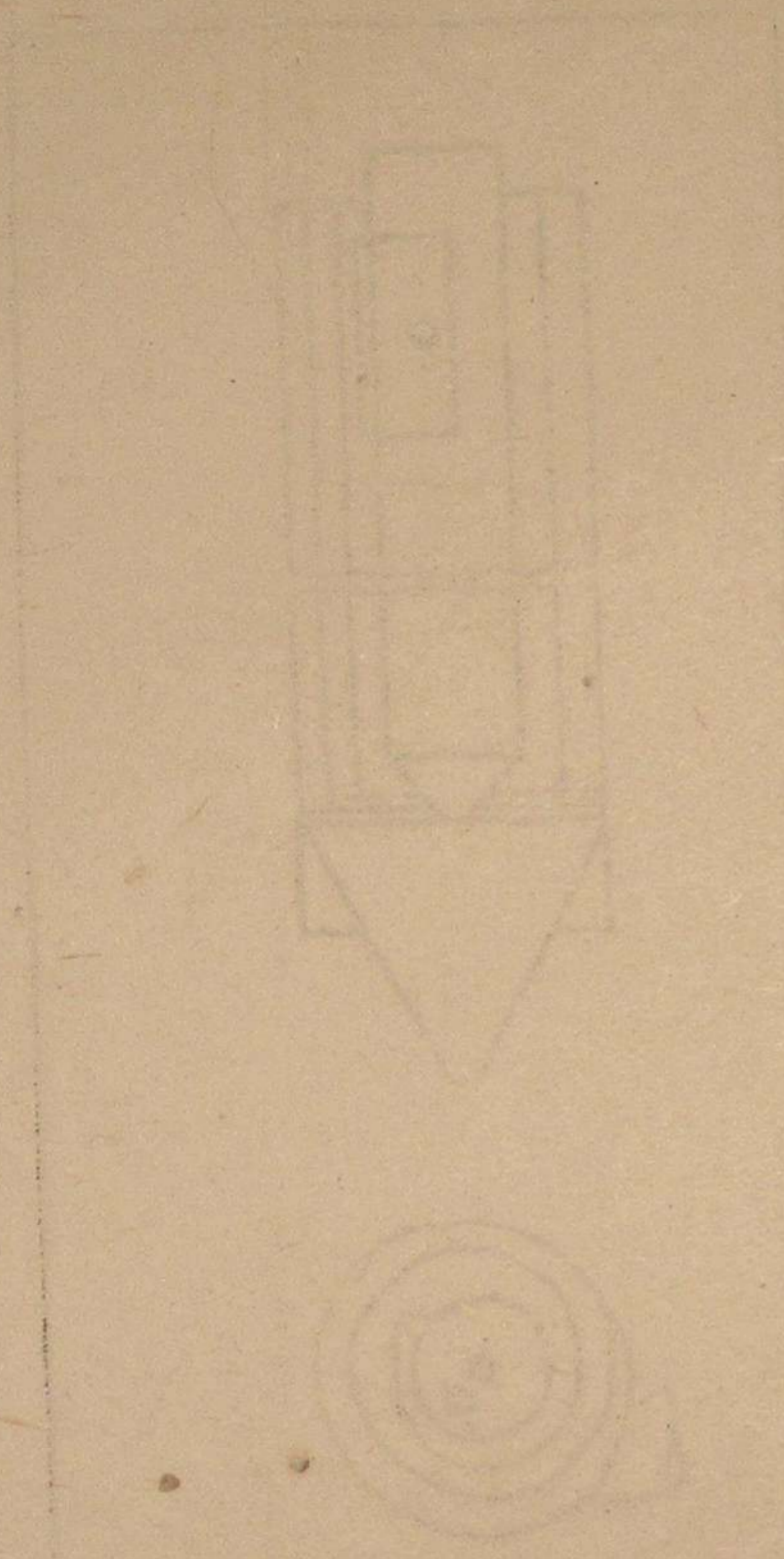
Однако данная конструкция циклона по причине образования вредных вихрей не получила широкого применения.

4/ Представляет интерес идея двухступенчатой очистки дымовых газов, предложенная Давидсоном /фиг. 12/. Рабочая часть циклона состоит из двух главных элементов: большой улитки В, куда очищаемый газ подводится трубопроводом А по касательной, и циклона Е малого диаметра. Перегородка Д в улитке В предназначена для задерживания отделившихся из газа твердых частиц и для направления части газа с наибольшим загрязнением в циклон Е малого диаметра. Отделившиеся из газа

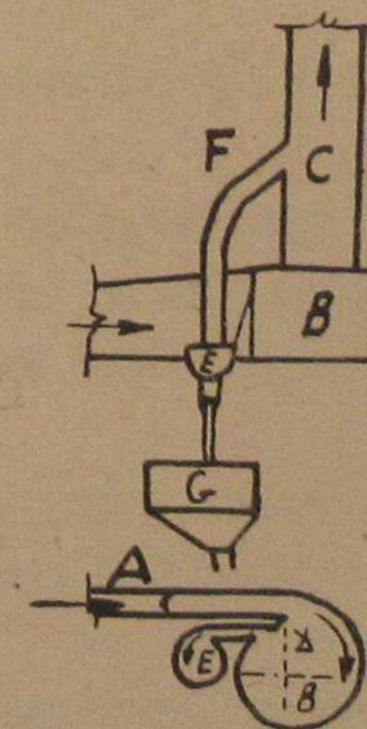


Фиг. 9





Фиг. 11



Фиг. 12

частицы в этом циклоне собираются в коллекторе G, а очищенный газ через выхлопную трубу F отводится к дымовой трубе С, являющейся общим коллектором для отведения дымовых газов из улитки В и циклоны Е.

5/ В практику ленинградских заводов /начиная с 1924 г./ внедрились циклоны, имеющие внутри направляющие газоходы с постепенным расширением площади сечения их /фиг. 13/.

В конической части этих циклонов с углом при вершине около 60° устраивались направляющие ребра для осадков /на фиг. 13 они не показаны/. Циклоны характеризовались удовлетворительным эффектом в отношении отделения крупных взвешенных частиц. Гидравлическое сопротивление этих циклонов незначительно /в пределах 15 мм вод.ст./.

6/ По инициативе П.И. Смухнина с 1928 г. начали строиться циклоны с газоходами постоянного сечения, расположенными по винтовой линии вокруг выхлопной трубы /фиг. 14/.

Предполагалось, что в циклонах с винтообразными газоходами характер движущегося потока и весь процесс пылеотделения должны быть более закономерными, чем в других типах циклонов.

Винтообразный канал постоянного сечения препятствует затуханию скоростей.

Испытания этих циклонов показали, что они характеризуются высокой степенью очистки: испытания на зерновой пыли показали степень очистки до 95% при скорости воздуха в подводящей трубе 10-20 м/сек.

Однако из-за большого гидравлического сопротивления и сложности конструкции циклон П.И. Смухнина распространения не получил.

7/ В практике пылеосаждающих систем зерновых элеваторов нашли применение циклоны, представленные на фиг. 15.

Из чертежа видно, что верхняя часть циклона выполнена в виде усеченного конуса, расширяющегося книзу. Выхлопная труба циклона у своего основания имеет радиальные лопасти, установленные для выпрямления вращающегося потока. Нижняя часть вых-

лопной трубы со стороны конуса циклона закрыта сплошным листом, прикрепленным к основанию лопастей. В центр листа для прохода воздуха из конуса в выхлопную трубу вделан патрубок с диаметром в два раза меньшим, чем диаметр выхлопной трубы.

Патрубок снабжен поворотным клапаном. Однако испытания показали, что степень очистки не изменяется от закрытия или открытия данного клапана.

Радиальные лопасти справляются с задачей выпрямления потока, причем при закрытии поворотного клапана это выпрямление является более полным.

8/ В циклоне, показанном на фиг. 16, конструктивной особенностью является устройство выхлопной трубы, имеющей в своей нижней части несколько больший диаметр.

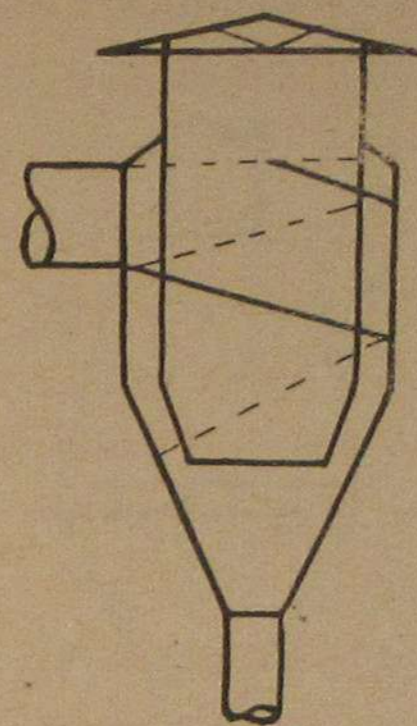
В расширенный нижний участок трубы с целью выпрямления воздушного потока вставлены два крестообразно расположенных листа.

Отношение площади сечения выхлопной трубы к сечению входного канала весьма мало, вследствие чего скорость во входной трубе мало отличается от скорости в выхлопной, тогда как обычно скорость в выхлопной трубе в 3-8 раз меньше скорости во входной трубе.

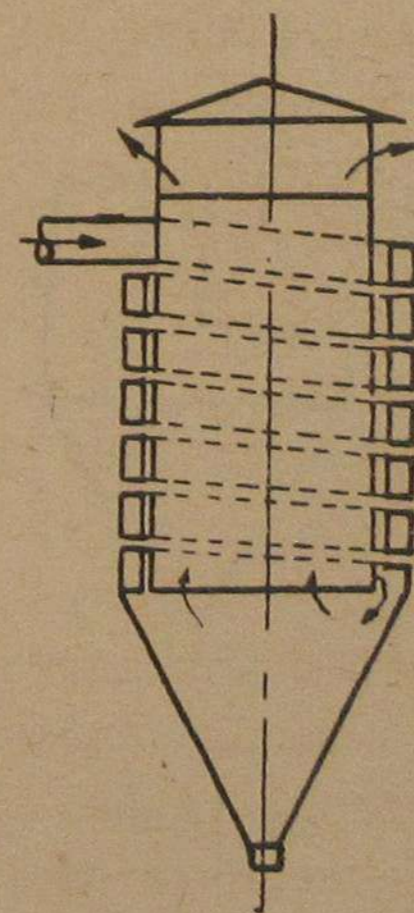
Наблюдения показали, что крестообразно расположенные лопасти не справляются с задачей выпрямления потока в выхлопной трубе вследствие того, что число и высота лопастей для этого недостаточны.

Исследования ВИТЭО показали, что число радиальных лопастей должно быть не меньше восьми, а высота их должна равняться диаметру выхлопной трубы.

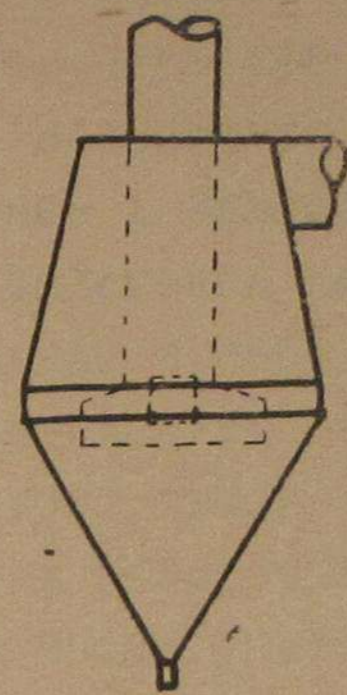
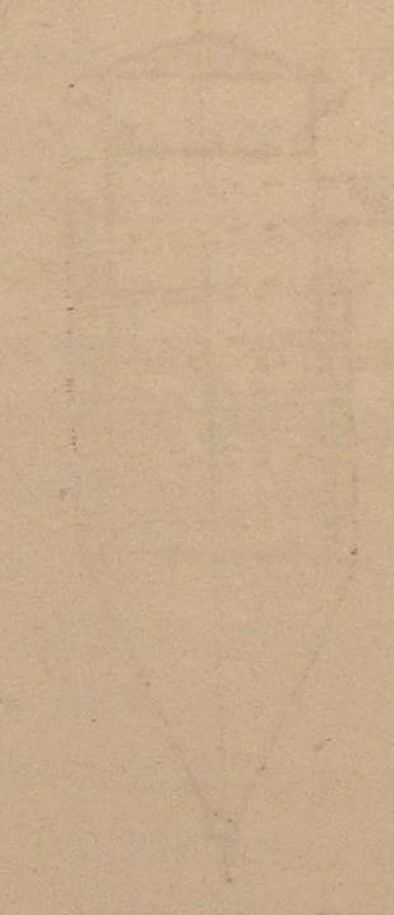
Испытания по определению степени очистки циклонов, представленных на фиг. 15 и 16, показали, что, несмотря на более сложное устройство этих циклонов, они по своим качествам уступают циклонам цилиндрического типа. Так, степень очистки этих циклонов при концентрации пыли 5 г/м^3 и скорости воздуха в подводящем трубопроводе от 11,2 до 17,4 м/сек. равнялась 78,2-85,8%.



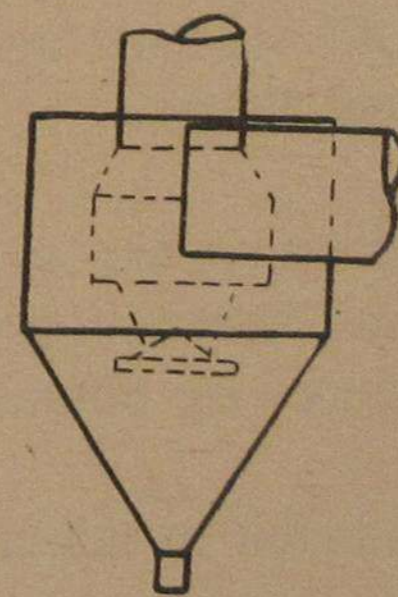
Фиг. 13



Фиг. 14



Фиг. 15



Фиг. 16

9/ Для выделения пыли нашли применение прямоточные циклоны с горизонтально расположенной осью. Один из таких циклонов системы ВИТГЭО изображен на фиг. 17.

Циклон представляет собою стальную трубу, внутрь которой вставлен архимедов винт. Запыленный газ, входя в трубу, совершает вращательное движение в винтовом газоходе, образованном трубой и винтом. Под действием центробежной силы пыль отбрасывается к наружным стенкам и через специальные отверстия в трубе попадает в герметические секции пылесборной камеры. Число секций соответствует числу витков винтового газохода циклона. В первых секциях пылесборной камеры оседают более крупные фракции пыли, в последующих /в результате более длительного воздействия центробежной силы/ - более мелкие пылинки.

10/ Большое распространение получил циклон ЛИОТ /Ленинградского Института Охраны Труда/.

Циклон ЛИОТ представляет собой простой циклон цилиндрического типа и отличается от циклона Смужнина винтообразным подводом воздушного потока в верхней части цилиндра циклона /фиг. 18/.

Развитая цилиндрическая часть циклона служит только для длительного воздействия центробежной силы на взвешенные в газовом потоке частицы. Процесс же отделения пыли происходит в его конической части.

Испытания этого типа циклона показали следующие результаты:

Скорость во входном патрубке в м/сек.	Средний коэффициент очистки в %
15	88,1

11/ Большой интерес представляет испытания укороченного циклона /фиг. 19/. Результаты испытаний такого циклона на

угольной пыли Шатурской ГЭС приводятся в нижеследующей таблице [7]:

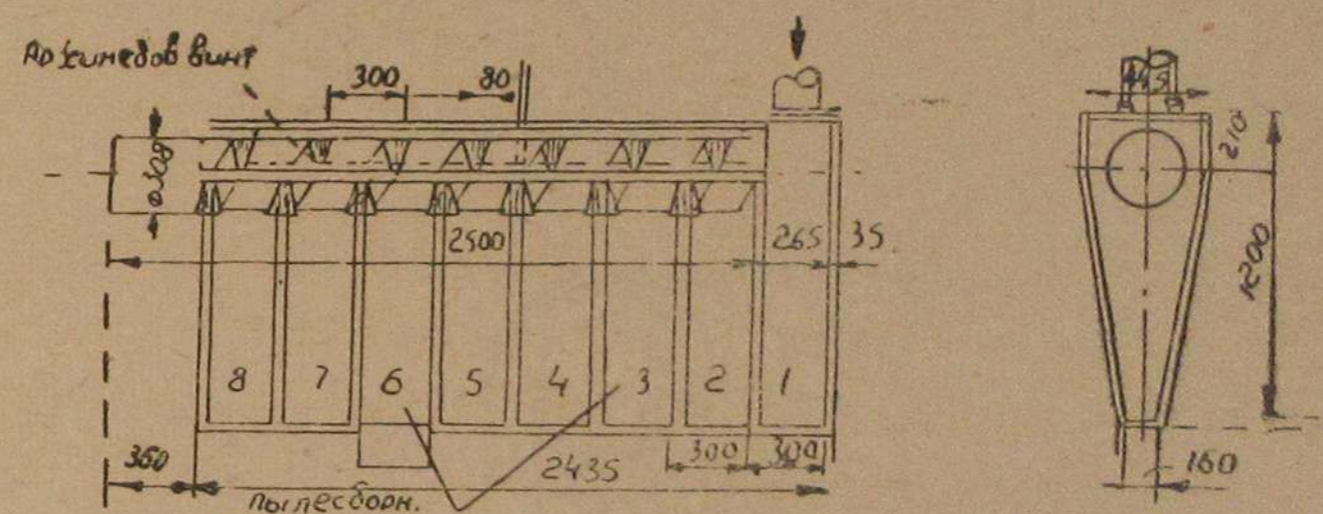
Скорость во входном патрубке в м/сек.	Средний коэффициент очистки в %
10	90,25
15,2	91,7
18,9	92,2

Из таблиц видно, что укороченный циклон обладает более высокой степенью очистки, чем циклон ЛИОТ. Результат этот весьма показателен, так как испытания производились не только при одинаковом сорте пыли и одинаковых объемах воздуха, но и при одинаковых диаметрах нагнетательных и выхлопных труб и самих цилиндров циклонов. Следовательно, коническая часть циклона имеет большое значение.

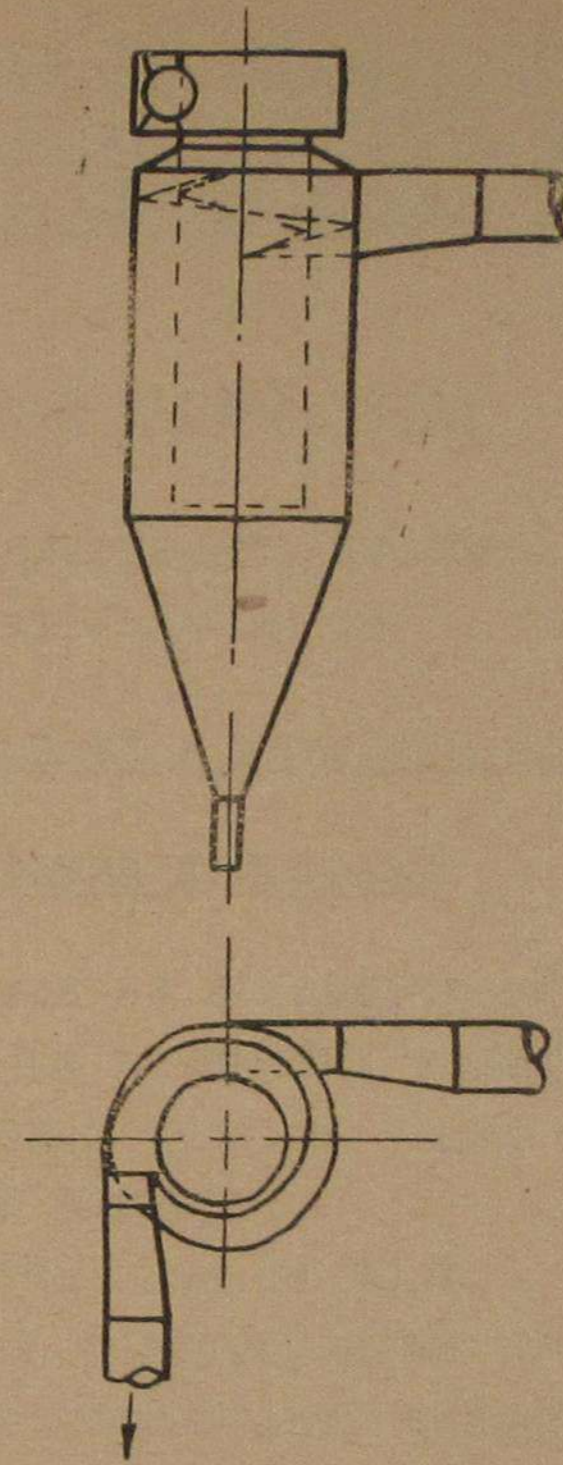
III. ВЫВОДЫ ИЗ РАССМОТРЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ЦИКЛОНОВ

1. Наиболее простыми и вместе с тем обеспечивающими сравнительно высокую степень очистки являются цилиндрический циклон ЛИОТ и укороченный циклон /с весьма укороченной цилиндрической частью/.

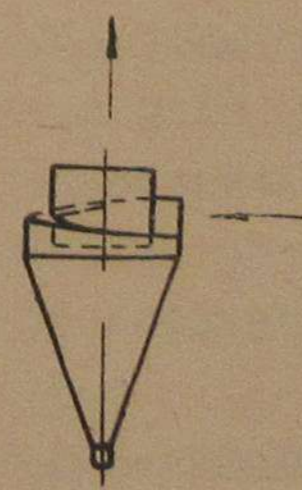
2. На эффективность циклона оказывают влияние следующие конструктивные элементы его: цилиндрическая и коническая части, устройство подвода и отвода газа из циклона. Однако роль и влияние указанных конструктивных элементов в литературе с достаточной полнотой не освещены.



Фиг. 17



Фиг. 18



Фиг. 19

IV. ИСПЫТАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЦИКЛОНОВ ПРИ РАБОТЕ
НА ОЧИСТКЕ ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА, ВЫРАБАТЫВАЕМОГО ИЗ
РАЗЛИЧНЫХ ТОПЛИВ

§ I. Объекты исследования

Исследованию подвергались циклоны тракторов ГБ-58 и ГТ-58 для битуминозных /циклон ГБ/ и тощих топлив /циклон ГТ/.

§ 2. Программа и методика испытаний

А. Программа испытаний

Испытания циклонов на лабораторной установке с работающим газогенератором на различных топливах: битуминозных - торфобрикете и древесных чурках; тощих - древесном угле и антраците имели целью выявить:

- а/ степень очистки газа от пыли,
- б/ гидравлическое сопротивление циклонов,
- в/ охлаждающую способность циклонов.

Б. Методика испытаний

Газ вырабатывался генераторами /устанавливаемыми на тракторах/, подвергался очистке и охлаждению в системе, состоящей из агрегатов, устанавливаемых на тракторах. Коэффициент очистки циклона определялся путем замеров количества пыли до и после циклона, гидравлическое сопротивление и охлаждающая способность циклона определялись путем фиксации, каждые 20 минут, разрежений /статических давлений/ и температур газа до и после циклона.

Методика обработки экспериментальных данных описана в отчете НАТИ № 2004 за 1950 год [7].

§ 3. Описание конструкций циклонов

А. Циклон для очистки газа, вырабатываемого из битуминозных топлив

Для целей грубой очистки генераторных газов, вырабатываемых из битуминозных топлив /древесных чурок, торфобрикетов/, применяется циклон ГБ типа НИОГАЗ-НАМИ /фиг. 20/.

Основные элементы рабочей части циклона характеризуются следующими данными:

Площадь сечения входного патрубка в месте сопряжения его с выхлопной трубой определяется:

$$0,023 \cdot 0,075 = 0,00173 \text{ м}^2$$

Площадь сечения выхлопной трубы определяется:

$$0,072^2 \cdot 0,785 = 0,00406 \text{ м}^2,$$

где: 0,072 - диаметр выхлопной трубы /м/.

Угол раскрытия конуса циклона $\alpha = 20^\circ$.

Размеры выхлопной трубы, цилиндрической части и общее конструктивное оформление см. на фиг. 20. Бункер для сбора пыли имеет емкость 33 л.

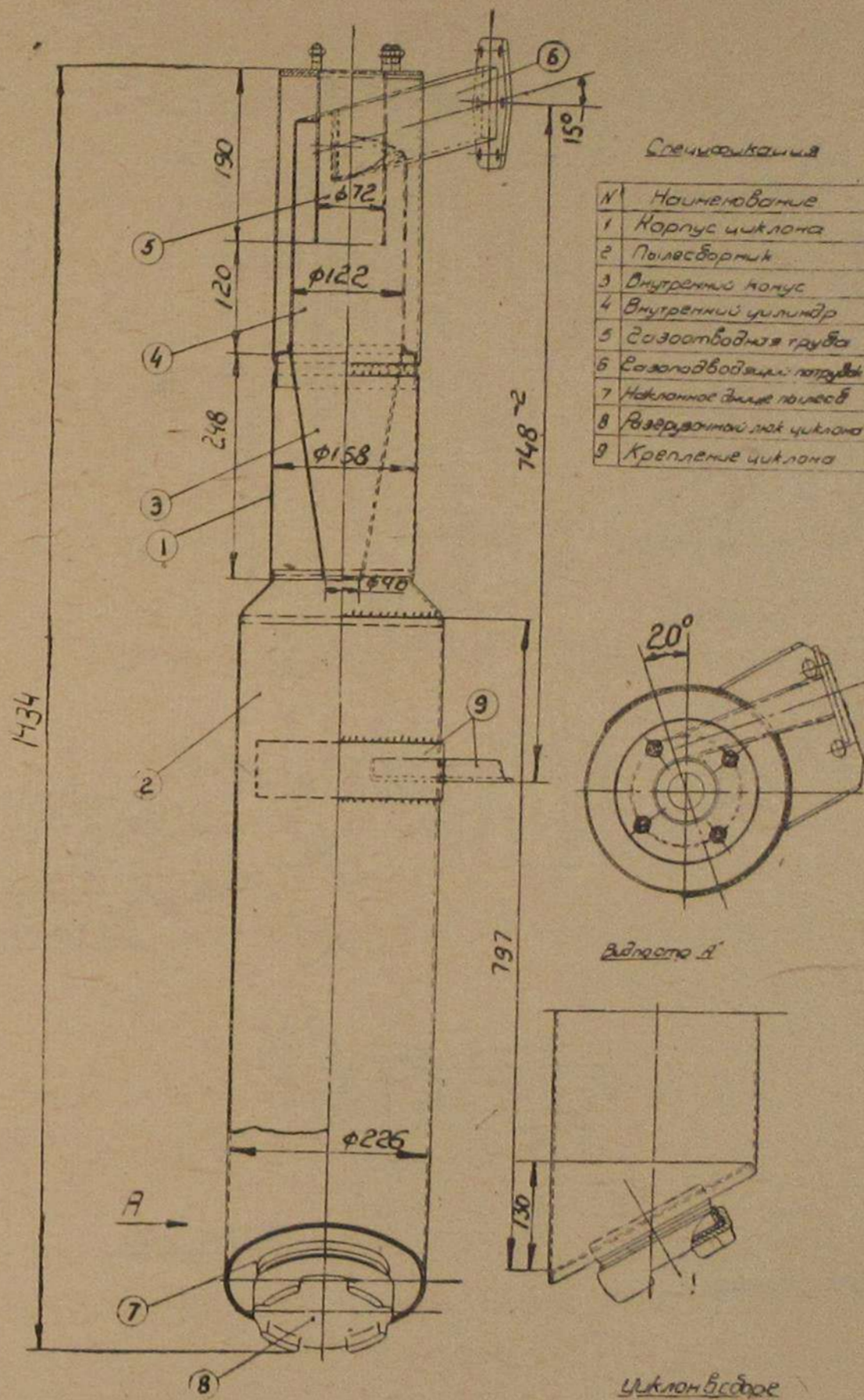
Б. Циклон для очистки газа, вырабатываемого из тощих топлив

Для целей грубой очистки генераторных газов, вырабатываемых из тощих топлив /антрацит, древесный уголь/, применяется циклон ГТ типа НИОГАЗ-НАМИ /фиг. 21/.

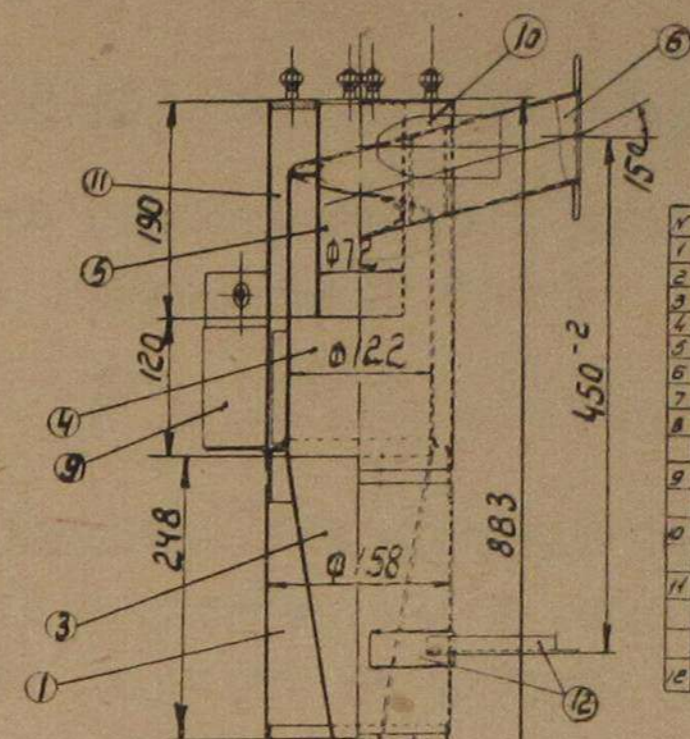
Как видно из фиг. 21 конструктивное оформление рабочих элементов циклона аналогично оформлению разобранный выше циклона ГБ.

Площадь сечения входного патрубка в месте сопряжения его с выхлопной трубой = $0,00173 \text{ м}^2$; площадь сечения выхлопной трубы = $0,00406 \text{ м}^2$; угол раскрытия конуса циклона $\alpha = 20^\circ$.

Отличие циклона ГБ от ГТ состоит в том, что цилиндрическая часть циклона ГТ снабжена рубашкой, служащей для подогре-



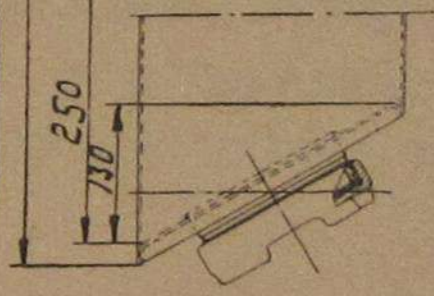
Фиг. 20



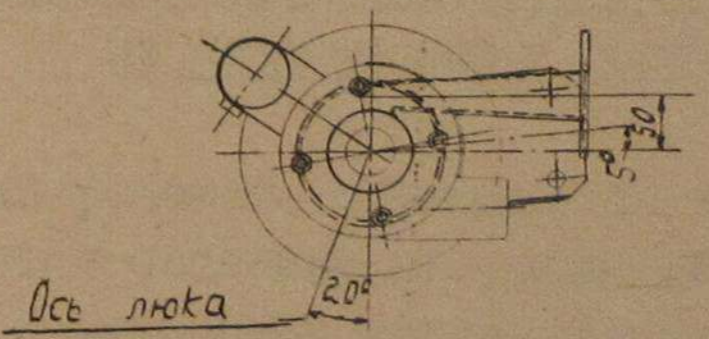
Спецификация

№	Наименование
1	Корпус циклона
2	Пылесборник
3	Внутренний конус циклона
4	Внутренний цилиндр
5	Патрубок в трубу
6	Безопасный патрубок
7	Наклонное днище пылеотделителя
8	Разъемный резьбовой фланец циклона
9	Карман подвода воздуха в подсерв. рубашку
10	Отводящий патрубок подогретого воздуха
11	Подогревательная рубашка в воздухе посту. помеще. в генератор
12	Крепление циклона

Вид по А-А



Пылесборник условно повернут слева в плоскости проекции на 20°



Ось люка 20°

циклон в сборе

Фиг. 21

вания воздуха, направляемого в газогенератор. Кроме того, бункерная часть циклона укорочена, вследствие чего емкость бункера составляет 8 л.

§ 4. Анализ результатов испытаний циклонов

Известно, что степень очистки газа от пыли прежде всего является функцией центробежной силы:

$$P = \frac{m \cdot V^2}{\gamma} \text{ /кг/},$$

где m - масса пылинок, или удельный вес вещества,
 V - скорость вращения газа в циклоне /часто за эту скорость принимают скорость во входном патрубке циклона/,
 γ - радиус вращения пылинок.

Следовательно, важнейшими факторами, обуславливающими эффективность работы циклонов, кроме характеристики пыли, являются входная скорость, удельный вес пыли и геометрические размеры циклона / γ /.

А. Характеристика скорости во входном патрубке циклона ГБ для очистки газа, вырабатываемого из битуминозных топлив

Важнейшими из условий, влияющих на эффективность работы циклона, являются объемные скорости движения газа во входном патрубке и выхлопной трубе. Характеристику разбираемого циклона по важнейшим объемным скоростям см. на фиг.22.

Представленные на фиг. 22 значения объемных скоростей определены исходя из температуры газа. Скорость во входном патрубке циклона определялась с учетом температуры, измеренной непосредственно в патрубке; в среднем эта температура у древесночурочного и торфобрикетного газа равнялась 300° . Скорость газа в выхлопной трубе циклона выявлялась с учетом температуры, определяемой как средняя из температур до и после циклона. Средняя температура древесночурочного и торфобрикетного газа в выхлопной трубе циклона = 260° .

Из фиг. 22 видно, что скорость газа во входном патрубке /в выходном сечении трубы подводющей газ /в 1 1/2 раза превышает рекомендуемую /18-20 м/сек/.

Объемная скорость движения газа в выхлопной трубе при нормальном эксплуатационном расходе газа /100 м³ снг/час/ превышает в два раза рекомендуемую скорость /6 м/сек./.

Б. Характеристика скорости во входном патрубке циклона ГТ для очистки газа, вырабатываемого из тощих топлив

Представленные на фиг. 23 значения объемных скоростей определены, исходя из температуры газа.

Температура антрацитового газа /малозольный антрацит с зольностью 6,6%/ во входном патрубке циклона /на основании непосредственного измерения/ равнялась 550⁰, то же у древесноугольного газа /500⁰/.

Скорость газа в выхлопной трубе циклона выявлялась с учетом температуры, определяемой как средняя из температур до и после циклона. Средняя температура антрацитового газа равна 435⁰. Средняя температура древесноугольного газа в выхлопной трубе определилась равной 400⁰.

Из фиг. 23 видно, что скорость газа во входном патрубке /в выходном сечении трубы, подводющей газ /более чем в 2 раза превышает рекомендуемую.

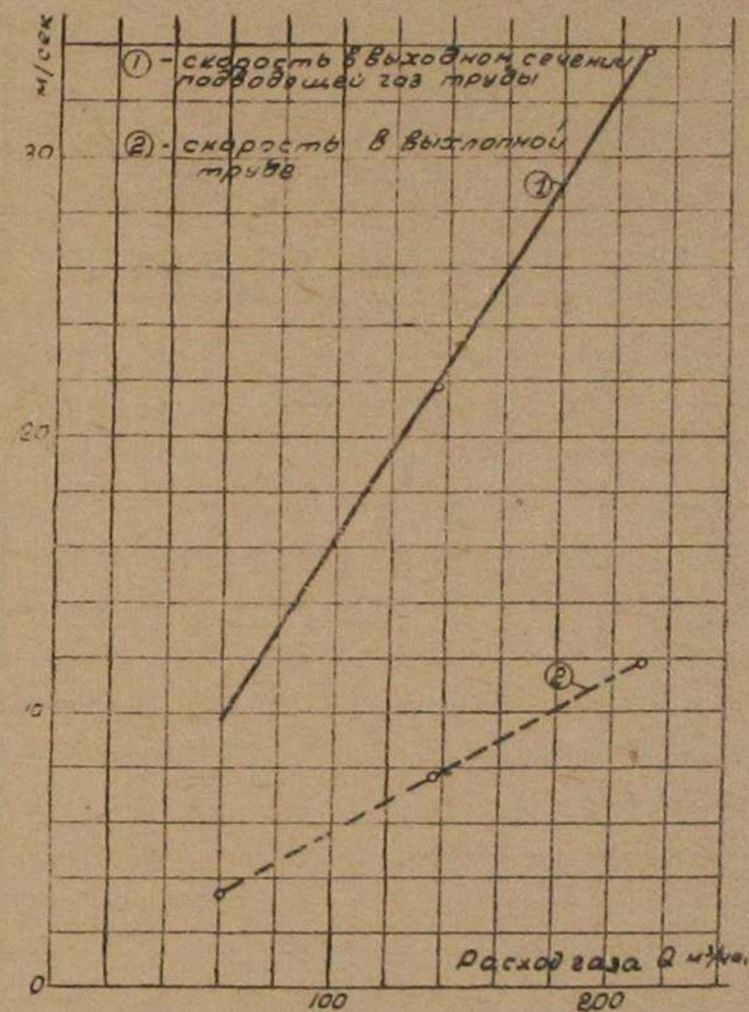
Объемная скорость движения газа в выхлопной трубе при нормальном эксплуатационном расходе газа /100 м³/час снг/ превышает более чем в 3 раза рекомендуемую.

В. Характеристика пыли

а/ Насыпной вес пыли

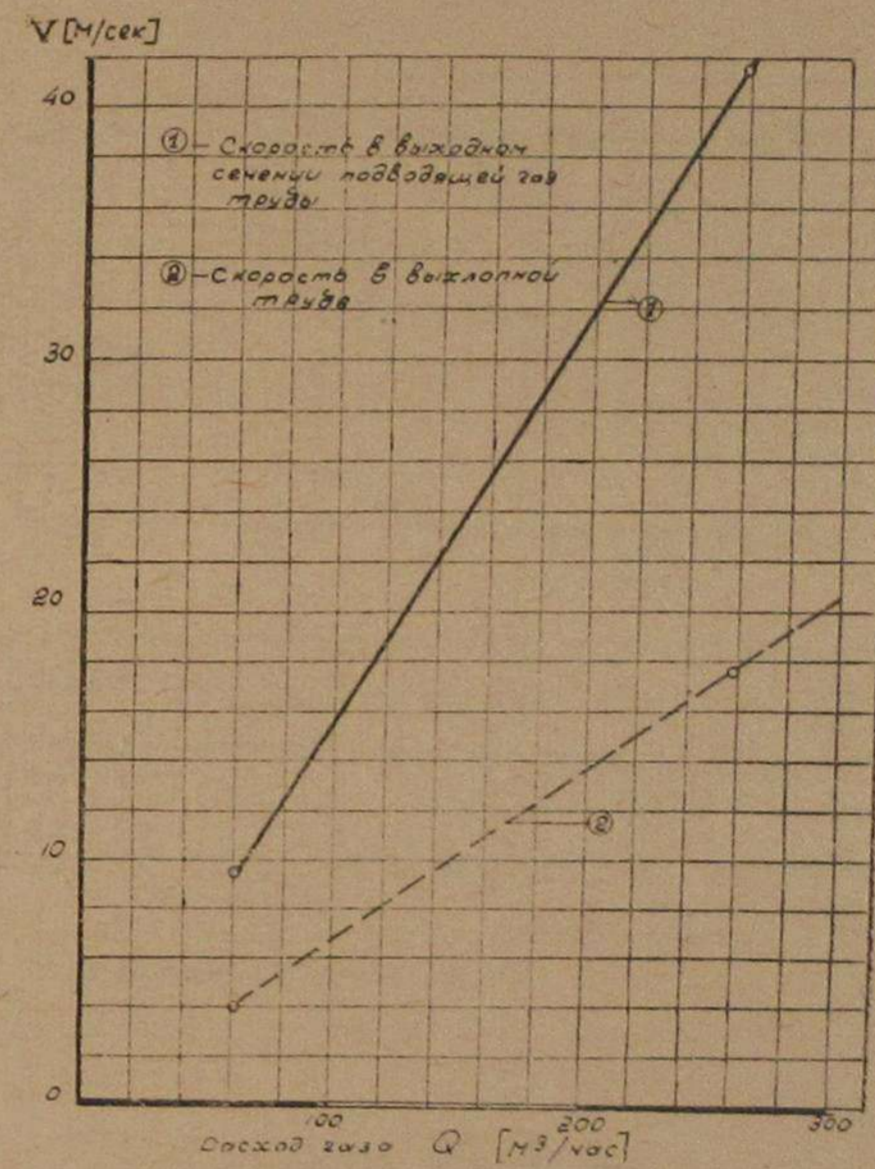
На фиг. 24а представлена характеристика насыпного веса пыли, собранной из бункера циклона.

При рассматривании данной фиг. видно, что извлеченная из газа при помощи циклона пыль в известной степени сохраняет

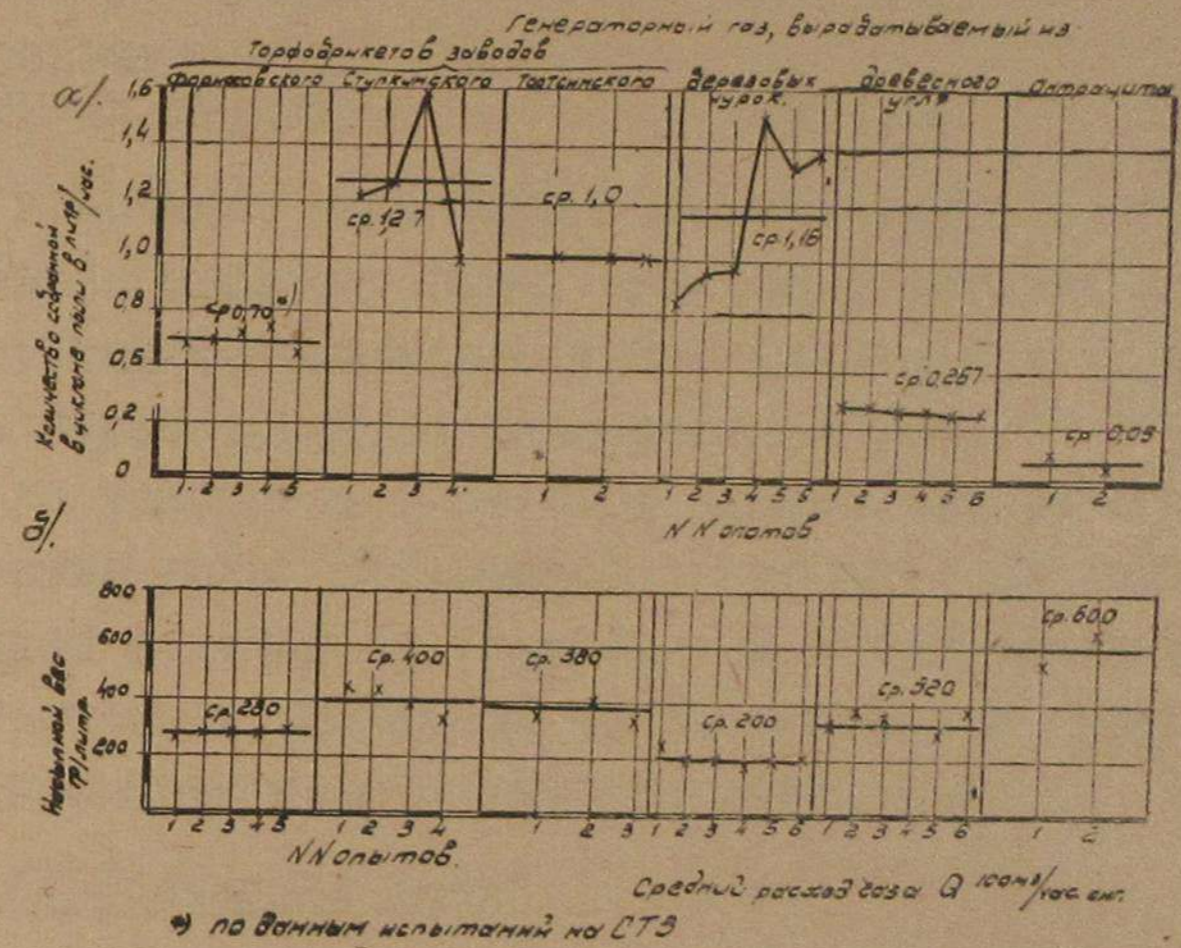


Фиг. 22

Значение объемных скоростей газа в трактах циклона ГТ для битуминозных топлив



Фиг. 23
 Значение объемных
 скоростей газа в трактах циклона
 ГТ для тощих топлив



Фиг. 24 а, б

Испытание циклонов ГБ и ГТ.
Насыпной вес и количество пыли,
собираемой в циклонах
при их работе на газе
из различных топлив

соотношение удельных весов топлив, из которых произошла данная пыль.

Так насыпной вес пыли /собранной в циклоне/, извлеченной из газа:

антрацитового	- 600 г/л,
торфобрикетного /тоот- синского и ступкинского/	- 400 г/л,
древесноугольного	- 340 г/л,
древесночурочного /из березовых чурок/	- 200 г/л.

Анализ насыпного веса пыли, извлекаемой из различных газов, позволяет сделать вывод, что эффективность работы циклона не может рассматриваться безотносительно к тому, из какого топлива вырабатывается генераторный газ.

Нельзя не усмотреть в связи с вышесказанным закономерности в количестве пыли, собираемой в циклоне. По количеству пыли, собранной в циклонах /одинаковой конструкции и одинаковых геометрических размеров/, можно составить представление о структуре газифицируемого топлива /фиг. 24б/.

б/ Зольность пыли

Зольная часть механических примесей обладает большой механической прочностью и является наиболее опасной в отношении износа деталей двигателя. Собранная в циклонах пыль, извлекаемая из газа различных топлив, имеет следующую характеристику зольности:

№ № п/п	Газифицируемое топливо	Зольность в %
1.	Древесный уголь	32,3
2.	Антрацит	55,8
3.	Древесная березовая чурка	71,5
4.	Торфобрикет:	
	тоотсинский	74,0
	форносовский	74,2
	ступкинский	54,6

Из таблицы видно, что извлекаемая из генераторного газа пыль имеет высокий процент зольности. Унос золы объясняется в основном степенью совершенства газогенератора.

Г. Начальное пылесодержание газа

Чрезвычайно показательной для работы циклонов является начальная запыленность газа, или начальное пылесодержание.

Представленные на фиг. 25 величины пылесодержания различных газов убедительно говорят о том, что вид топлива, из которого вырабатывается газ, имеет огромное влияние на работу циклона. Если считать, что начальное пылесодержание газа в результате совершенствования газогенератора не представится возможным сколько-нибудь существенно изменить, то резонно поставить вопрос о влиянии на выбор очистителей вида газифицируемого топлива.

Торфобрикетные газы, как видно из фиг. 25, дают наиболее высокое начальное /5-11 г/м³снг/ содержание пыли. Самое низкое начальное содержание пыли наблюдается у антрацитового газа /1 г/м³снг/.

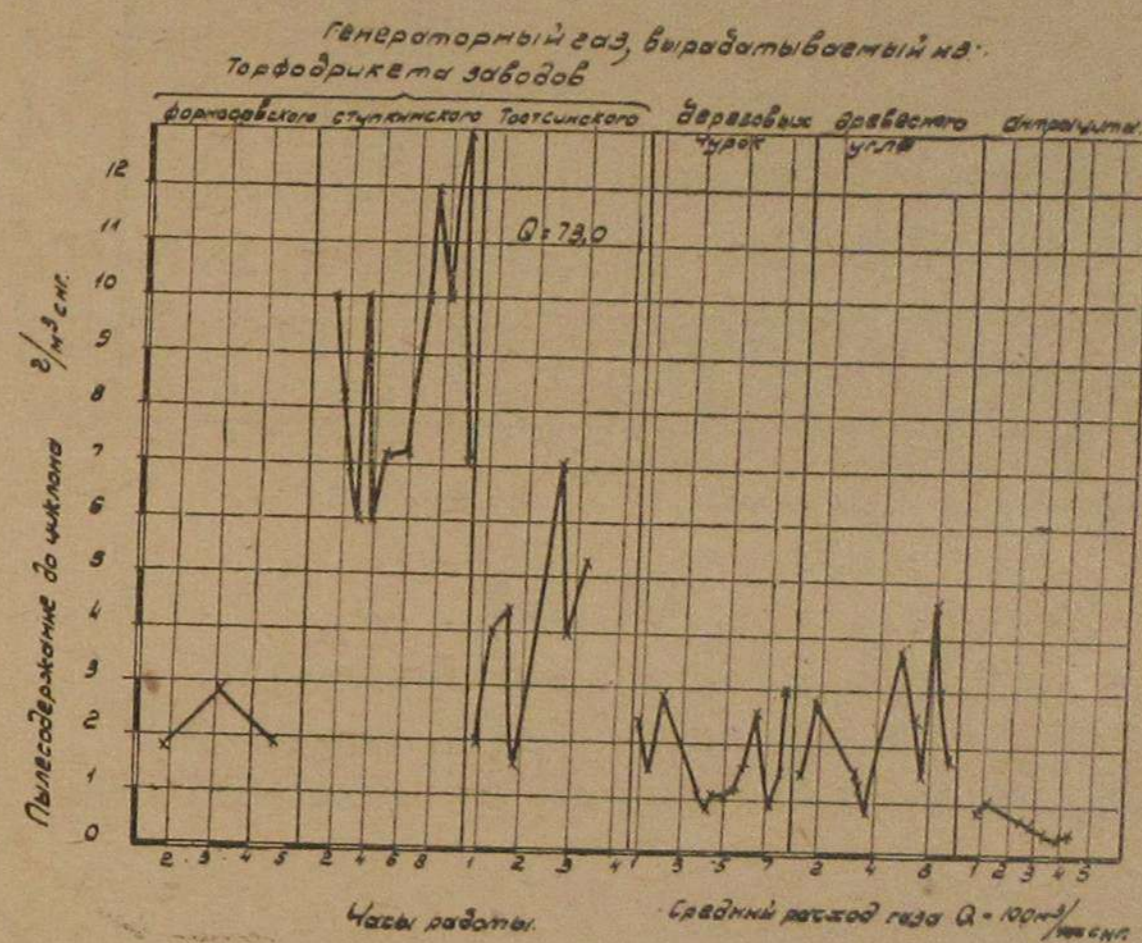
Д. Конечное пылесодержание газа

Конечное пылесодержание газа после циклона является важнейшим критерием для оценки эффективности его работы.

Фиг. 26 представляет значения конечных пылесодержаний.

Из фиг. 26 видно сколь недопустимо высоким конечным пылесодержанием характеризуется газ, вырабатываемый из торфобрикетов: ступкинского и форносовского. Но характерно, что это замечание следует отнести лишь к упомянутым двум видам торфобрикетов. Следовательно, задачу улучшения очистки газа можно решать путем совершенствования генераторного процесса и самого генератора, путем создания специальных циклонов или наконец, улучшением топлива /в первую очередь искусственно брикетированного/.

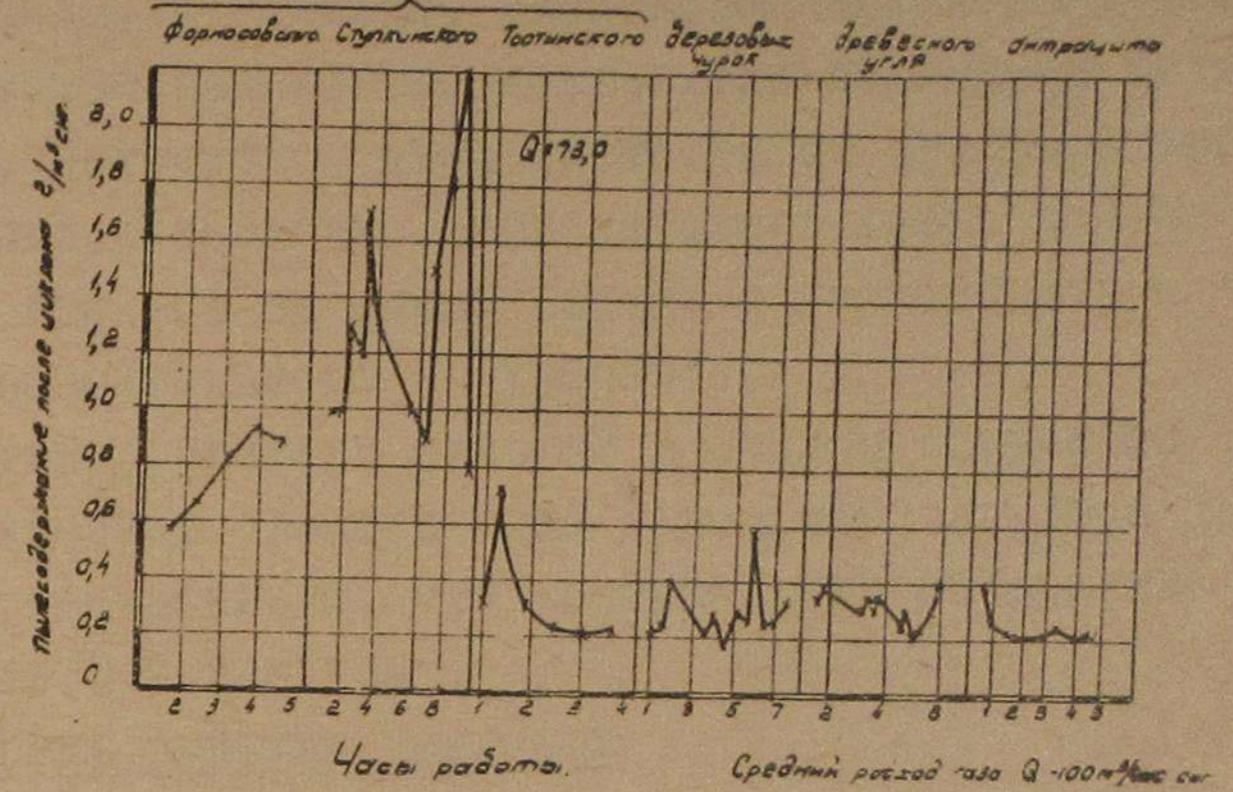
Конечные пылесодержания газов из других видов топлива /тоотсинский торфобрикет, березовая чурка, древесный уголь, антрацит/ отличаются друг от друга в небольших пределах.



Фиг. 25

Испытание циклонов ГБ и ГТ.
Начальное пылесодержание газа,
вырабатываемого из различных топлив, в г/м³снг

Генераторный газ, вырабатываемый из
Торфодрифта заводов:

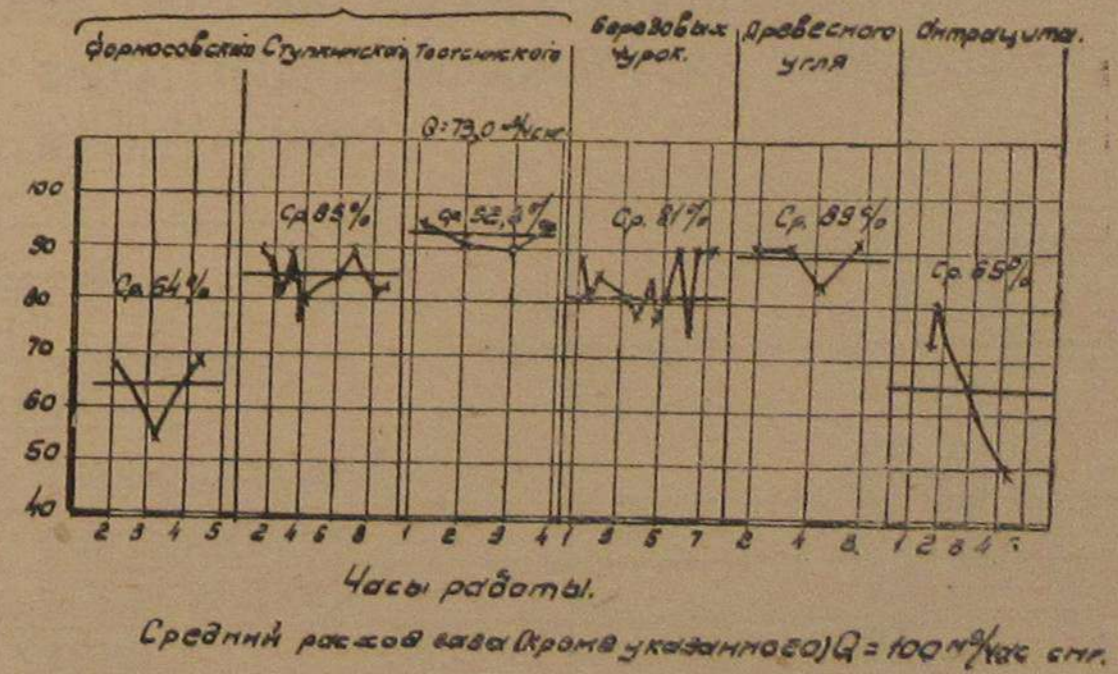


Фиг. 26

Испытание циклонов ГБ и ГТ.
Конечные пылесодержания газа,
вырабатываемого из различных топлив

Генераторный газ, вырабатываемый из

Торфодрифта заводов:



Фиг. 27

Испытание циклонов ГБ и ГТ.
Степени очистки циклонов
при работе их на газе из различных топлив

Это позволяет считать, что испытываемые типы циклонов работают на очистке газа, вырабатываемого из указанных здесь четырех видов топлива, с примерно одинаковой эффективностью, принимая в качестве важнейшего показателя последней конечное пылесодержание. Интересно, что, несмотря на сравнительно низкое начальное пылесодержание антрацитового газа, конечное пылесодержание его все же очень велико и несущественно отличается от древесноугольного и чурочного.

Следовательно, степень очистки в данном случае во многом зависит от физических свойств пыли /удельный вес, фракционный состав/. Примечательно, что конечное пылесодержание не наблюдалось ниже $0,2 \text{ г/м}^3 \text{ снг}$.

Е. Степень очистки циклонов

Значения степеней очистки циклонов представлены на фигуре 27.

Из этой фиг. видно, что степень очистки генераторного газа, вырабатываемого из торфобрикетов Ступкинского и Тоотсинского заводов, березовых чурок и древесного угля, несущественно отличается друг от друга. Степень очистки газов, вырабатываемых из этих видов топлива, сравнительно высока. Невысокой степенью очистки характеризуются циклоны, работающие на очистке газа, вырабатываемого из торфобрикета Форновского завода и антрацита.

№№ п/п	Газифицируемое топливо	Степень очистки в %
	<u>Циклон АГ</u>	
1.	Торфобрикет форновский	63,6
2.	— ступкинский	85,0
3.	— тоотсинский	92,8
4.	Березовые чурки	81,0
	<u>Циклон БГ</u>	
5.	Древесный уголь	89,0
6.	Антрацит	65,0

Интересно отметить, что очень высокое начальное пылесодержание газа, получаемого из ступкинского торфобрикета, не сказалось существенным образом на повышении степени очистки циклона. Следовательно, величины начальных содержаний пыли не являются важнейшим фактором, влияющим на степень очистки циклонов.

Видимо, повышение степени очистки должно пойти по линии совершенствования конструкции циклона, так как считаем, что упомянутое выше конечное пылесодержание газа далеко не является предельно низким.

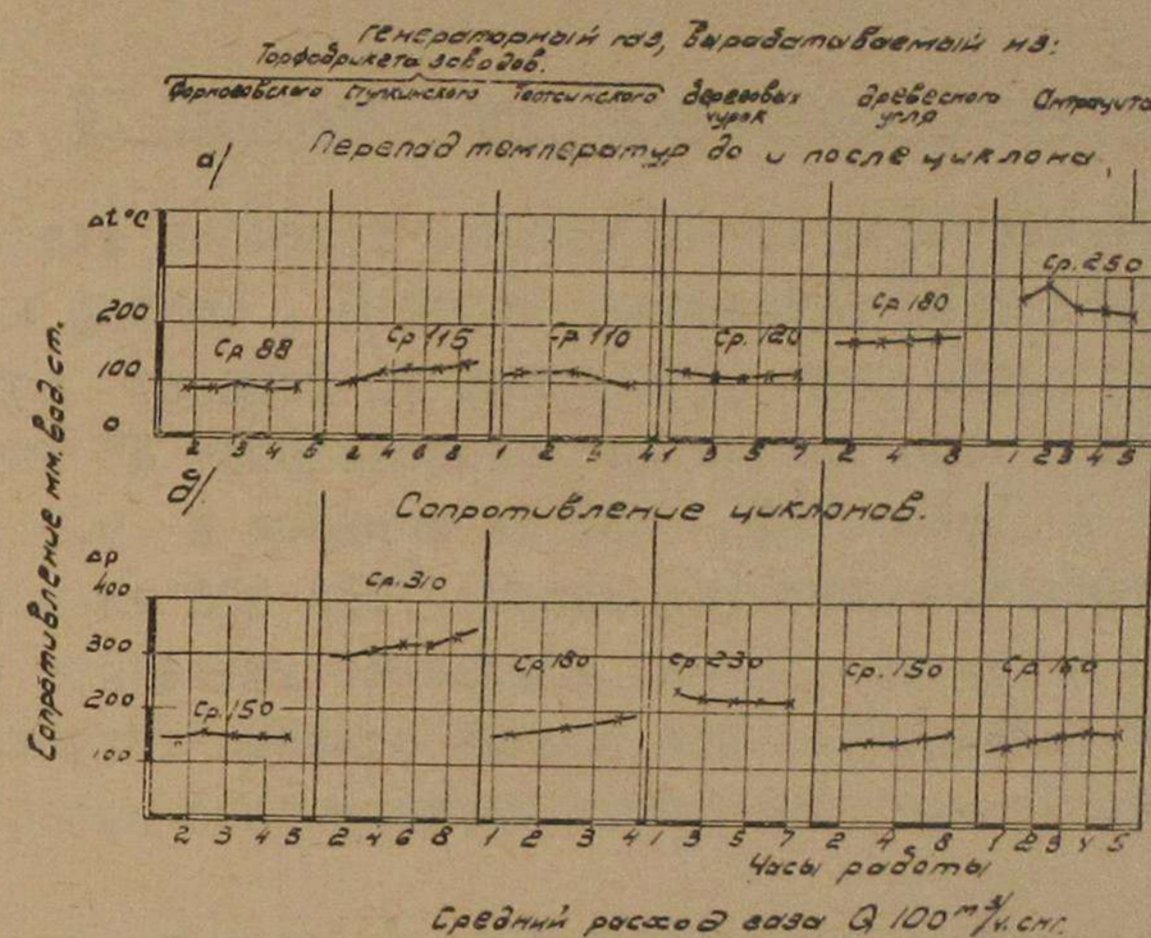
Ж. Гидравлическая характеристика циклонов

Гидравлическое сопротивление является одним из важнейших показателей общей характеристики циклона при рассмотрении его в общей системе очистки и охлаждения газа.

Сопротивления циклонов представлены на фиг. 28/б/ и в нижеследующей таблице.

Газифицируемое топливо	Сопротивление в мм вод. ст.
<u>Циклон ГБ</u>	
Торфобрикет форносовский	150
- " - ступкинский	310
- " - тоотсинский	180
Березовые чурки	230
<u>Циклон ГТ</u>	
Древесный уголь	150
Антрацит	160

Из таблицы и фиг. 28/б/ видно, что наибольшим гидравлическим сопротивлением сопровождается движение газа, вырабатанного из ступкинского торфобрикета. Следует помнить, что начальное пылесодержание газа из ступкинского торфобрикета также наибольшее. Вместе с тем из фиг. 28/б/ видно, что



Фиг. 28 а, б

Испытание циклонов ГБ и ГТ. Гидравлические характеристики и охлаждающая способность циклонов при их работе на газе из различных топлив

сопротивления циклонов при движении газов, вырабатываемых из других топлив, незначительно отличаются друг от друга. Это дает основание считать, что на гидравлическое сопротивление прохождению газа через циклон концентрация пыли в газе почти не влияет. Только очень высокая начальная концентрация пыли может оказать влияние на гидравлическое сопротивление циклона.

3. Охлаждающая способность циклонов

Способность циклонов охлаждать газ рассматривается как положительный фактор. Перепад температур газа в циклоне в известной мере зависит от температур газа после генератора.

В циклоне ГБ генераторный газ снижал свою температуру с 300 до 200°, т.е. в среднем на 100° /фиг. 28а/. В циклоне ГТ газ охлаждался на 200-250°. Столь глубокое охлаждение газа производится воздухом, омывающим цилиндрическую часть циклона. Отсюда следует сделать вывод, что конструкция циклона ГТ наилучшим образом обеспечивает охлаждение генераторного газа.

И. Выводы по анализу работы циклонов ГБ и ГТ

1. Циклоны ГБ и ГТ характеризуются сравнительно высокой степенью очистки /80-90%/ при очистке генераторного газа, вырабатываемого из торфобрикетов Ступкинского и Тоотсинского заводов, березовых чурок и древесного угля.

2. Циклоны ГТ и ГБ характеризуются сравнительно низкой степенью очистки /60-70%/ при очистке генераторного газа, вырабатываемого из торфобрикетов Форносовского завода и антрацита.

3. Высокое гидравлическое сопротивление циклонов при все еще высокой конечной концентрации пыли в газе не снимает вопроса об изыскании более рациональных конструкций очистителей.

У. ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЦИКЛОНОВ

§ I. Объект исследования

Произведенный литературный обзор и анализ результатов испытаний существующих циклонов показал, что задача выбора оптимального типа циклона для очистки генераторного газа не решена вполне.

Необходимо было выяснить еще влияние основных конструктивных элементов циклона на эффективность его работы и гидравлическую характеристику.

С этой целью было запроектировано три экспериментальных циклона № 1, № 2, № 3 /фиг. 29/.

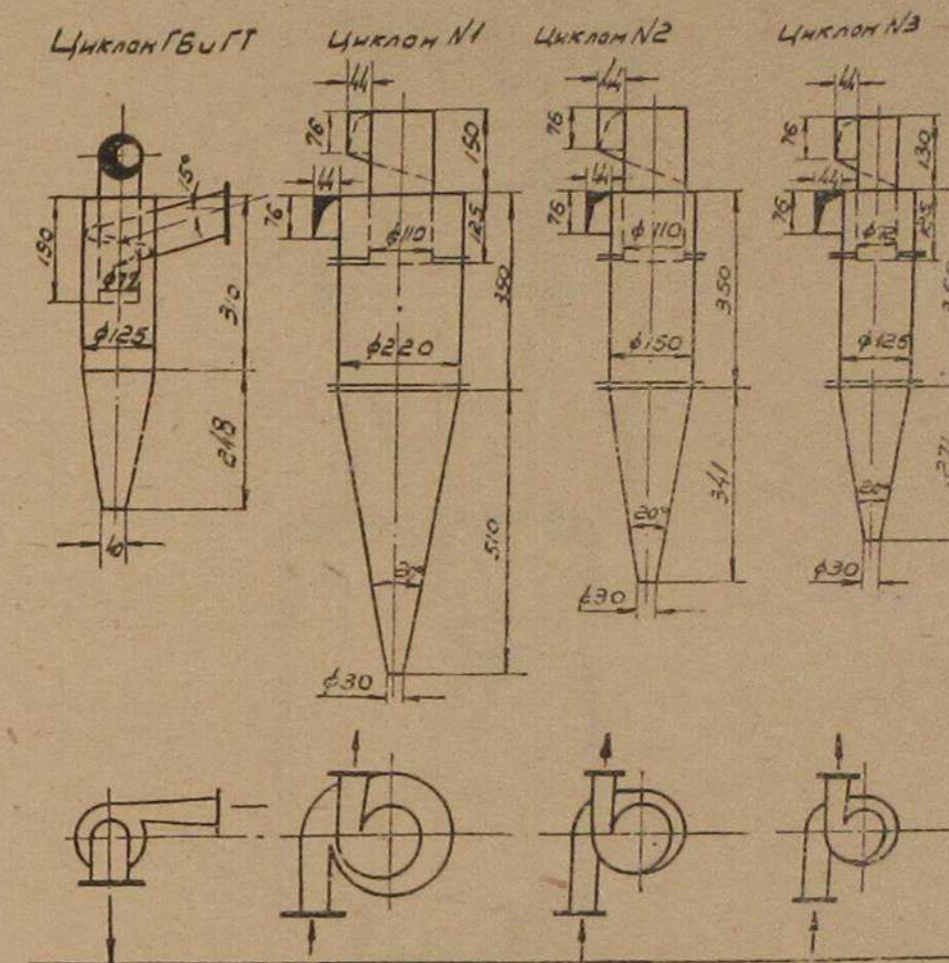
§ 2. Описание экспериментальных циклонов

При проектировании экспериментальных циклонов имелось в виду выявить влияние на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклона:

- высоты выхлопной трубы;
- угла раскрытия конуса при сохранении постоянной высоты цилиндрической части;
- угла раскрытия конуса с весьма укороченной цилиндрической частью;
- диаметра цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе;
- изменения диаметра весьма укороченной цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе.

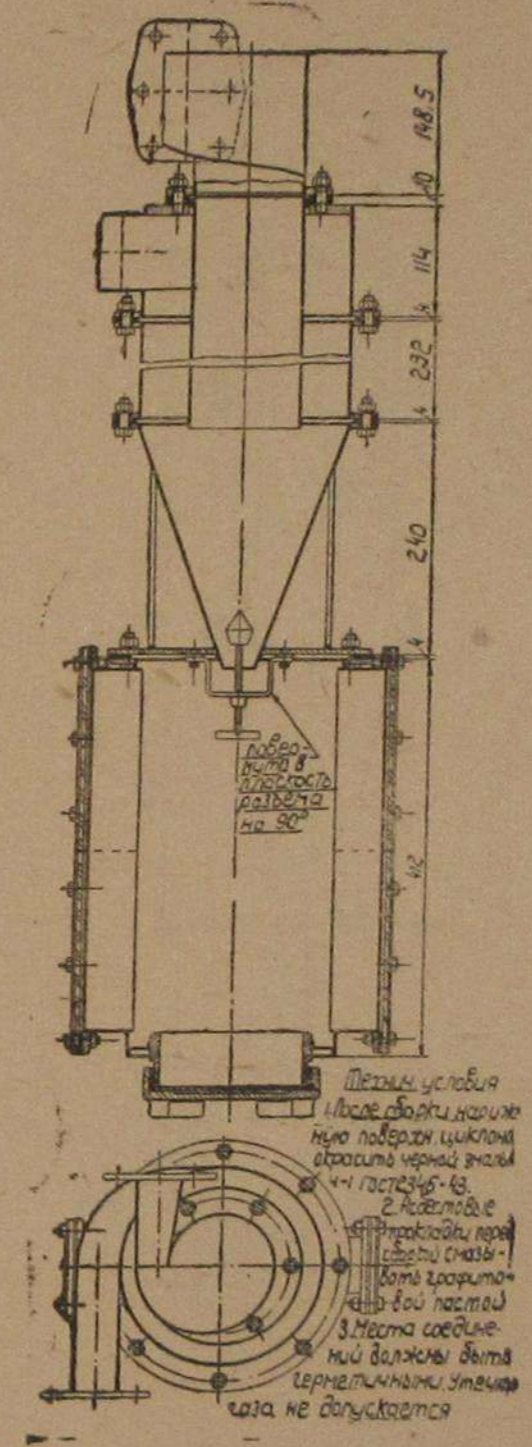
Для выполнения указанных исследований экспериментальные циклоны получили следующее конструктивное оформление /фиг. 29 а, б, в, г, д, е, ж, з, /:

а/ в качестве направляющего аппарата для тангенциального ввода газа в циклон принята улитка; обосновывается это стремлением увеличить момент количества движения газа и желательностью устройства над циклоном плоского щита, выполняющего одновременно роль диффузора,



Фиг. 29

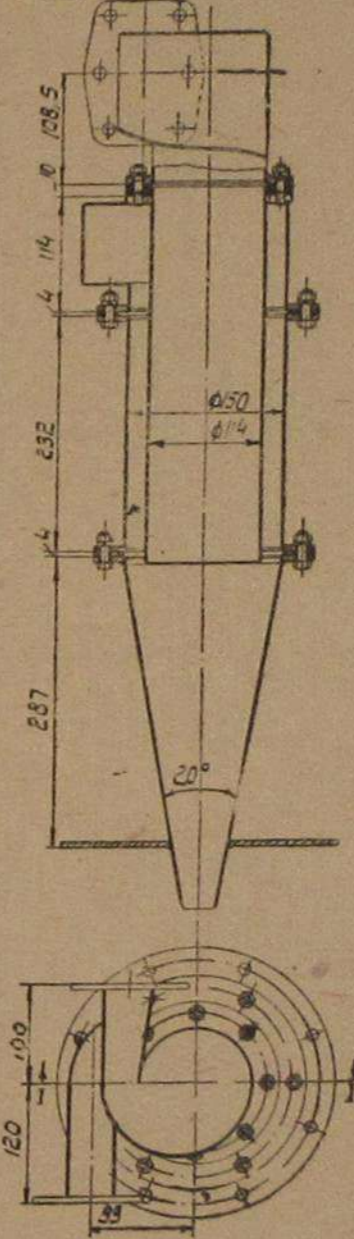
Исследование экспериментальных циклонов.
Схемы экспериментальных циклонов
№№ 1, 2, 3 и существующих
циклонов ГВ и ГТ



Фиг. 29а

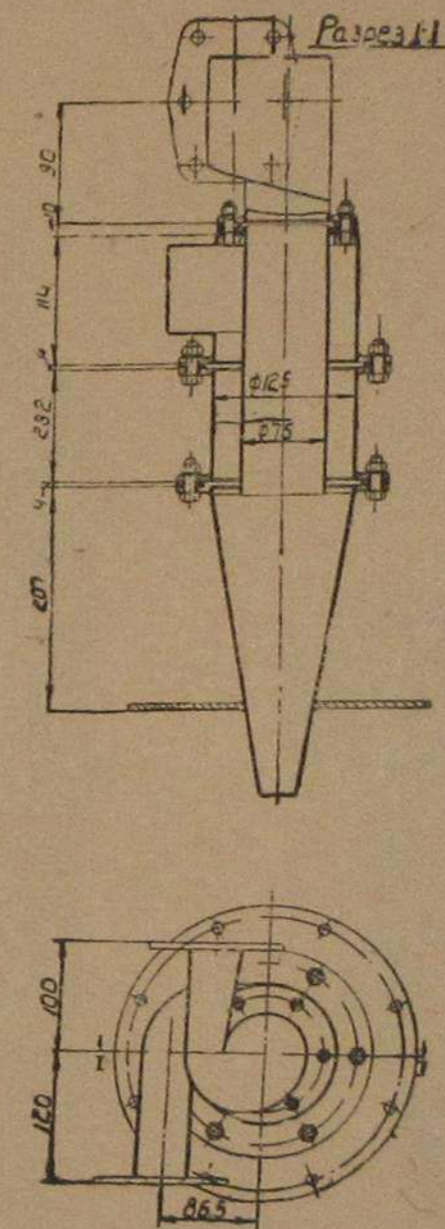
Экспериментальный циклон № 1

Разрез I-I

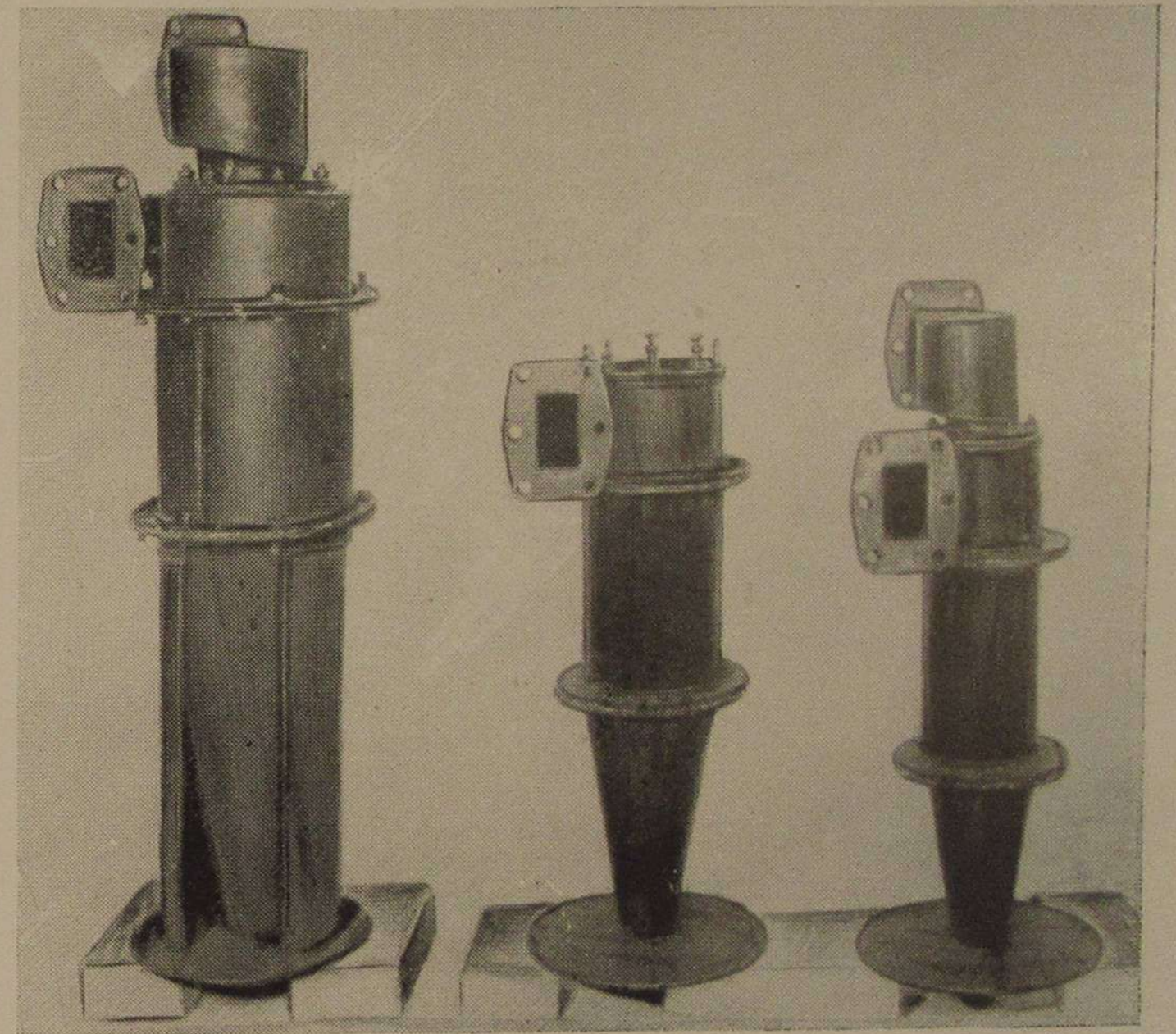


Фиг. 296

Экспериментальный циклон № 2

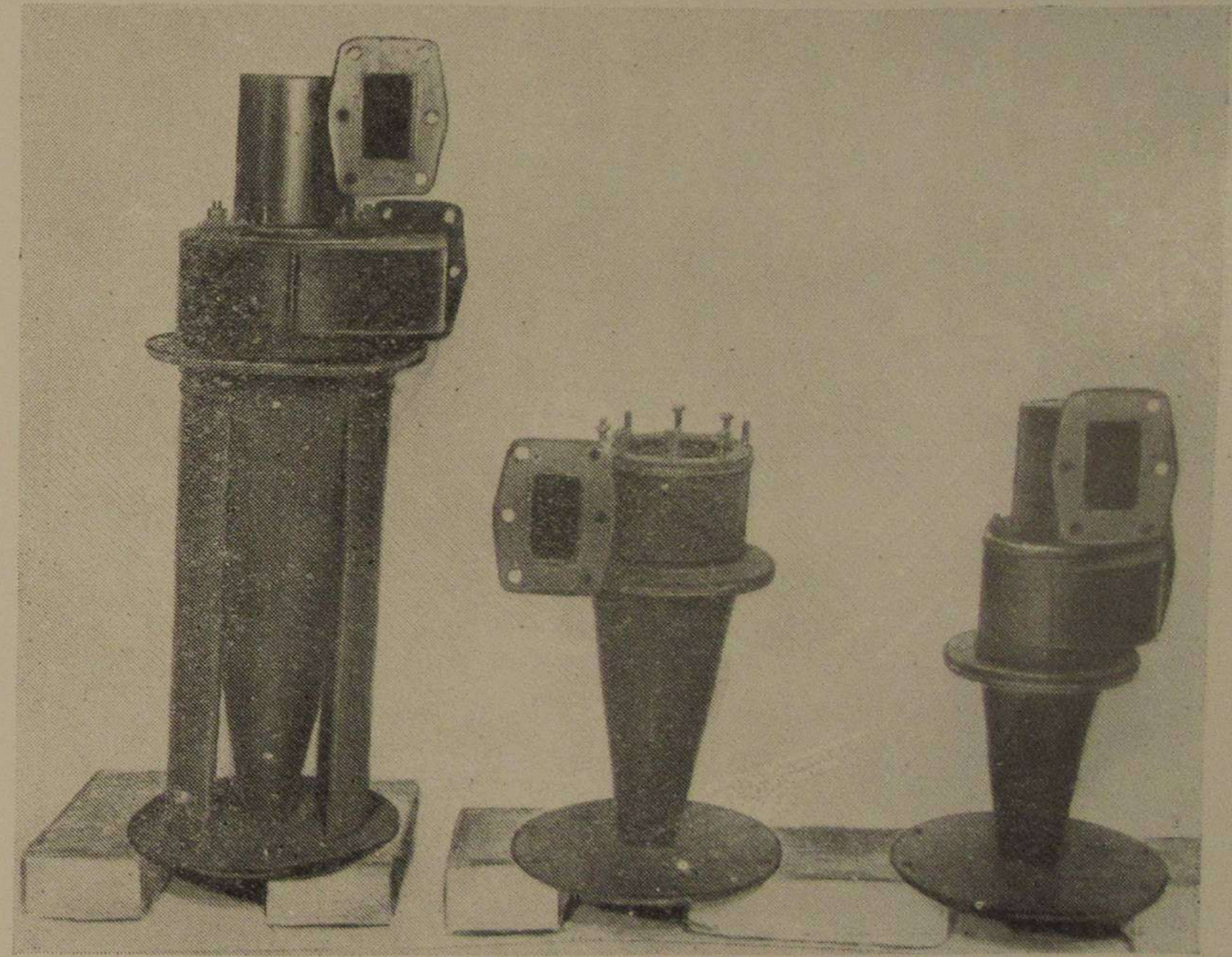


Фиг. 29в
Экспериментальный циклон № 3



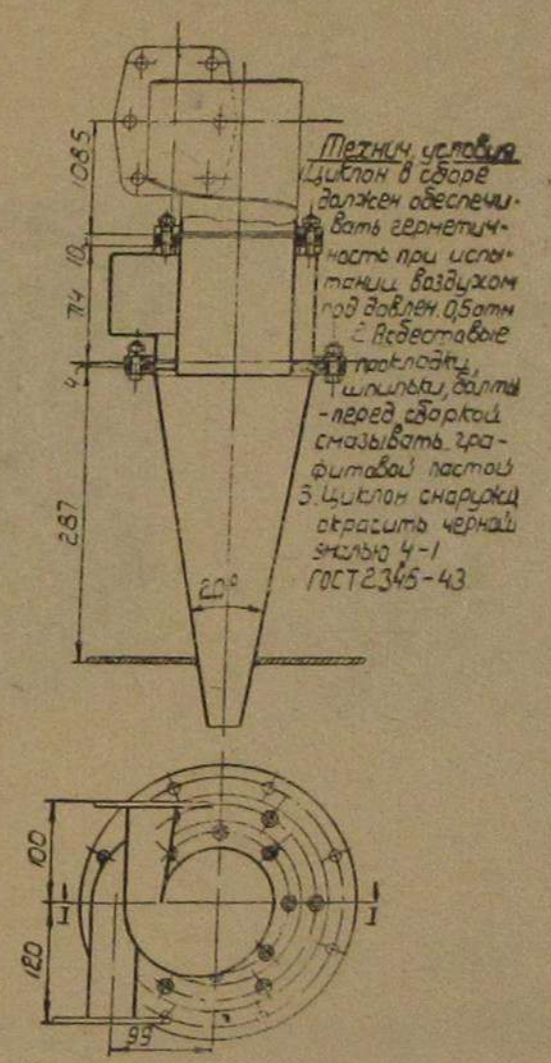
Фиг. 29г

Экспериментальные циклоны
№№ 1, 2, 3 с цилиндрической частью
(цилиндрические)

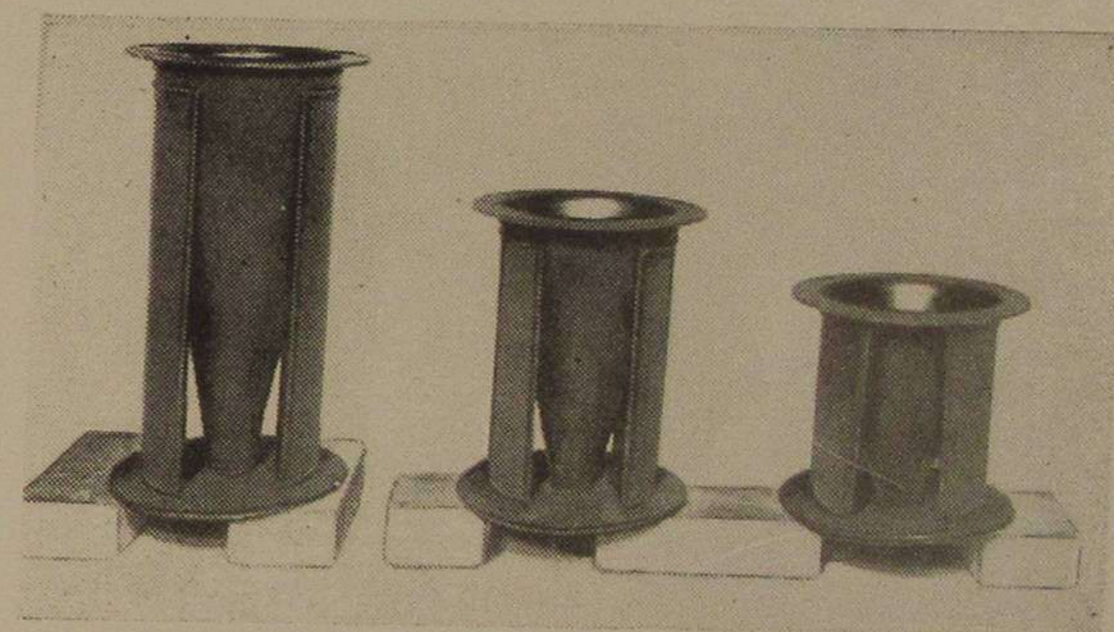


Фиг. 29д

Экспериментальные циклоны
№№ 1, 2, 3 с весьма укороченной
цилиндрической частью (конические)



Фиг. 29е
 Экспериментальный циклон № 2
 с весьма укороченной
 цилиндрической частью (конический)



Фиг. 29ж
Конусы циклонов №№ 1, 2, 3

- б/ цилиндрическая часть выполнена отъемной,
- в/ выхлопные трубы имеют высоту 125, 250 и 350 мм и диаметр 110 и 72 мм,
- г/ конусы выполнены с углами раскрытия $\alpha = 20, 30, 40^\circ$,
- д/ выхлопная труба в целях выпрямления потока оканчивается специальной улиткой, представляющей собой как бы лежащий кожух центробежного вентилятора.

§ 3. Программа и методика испытаний

А. Программа испытаний

Испытания экспериментальных циклонов имели целью выявить влияние на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклона:

- расхода газа;
- начальной концентрации пыли ;
- высоты выхлопной трубы;
- угла раскрытия конуса при сохранении постоянной высоты цилиндрической части;
- угла раскрытия конуса с весьма укороченной цилиндрической частью;
- диаметра цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе;
- изменения диаметра весьма укороченной цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе.

Заключительным этапом являлось испытание существующих циклонов ГБ и ГТ в условиях, аналогичных условиям испытаний экспериментальных циклонов, и определение эффективности двух циклонов, установленных последовательно.

Б. Методика проведения испытаний

Методика проведения испытаний циклонов состояла в следующем:

1. Влияние на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклона расхода газа определялось путем замеров пылесодержаний и разрежений до и после циклона при различных расходах воздуха.

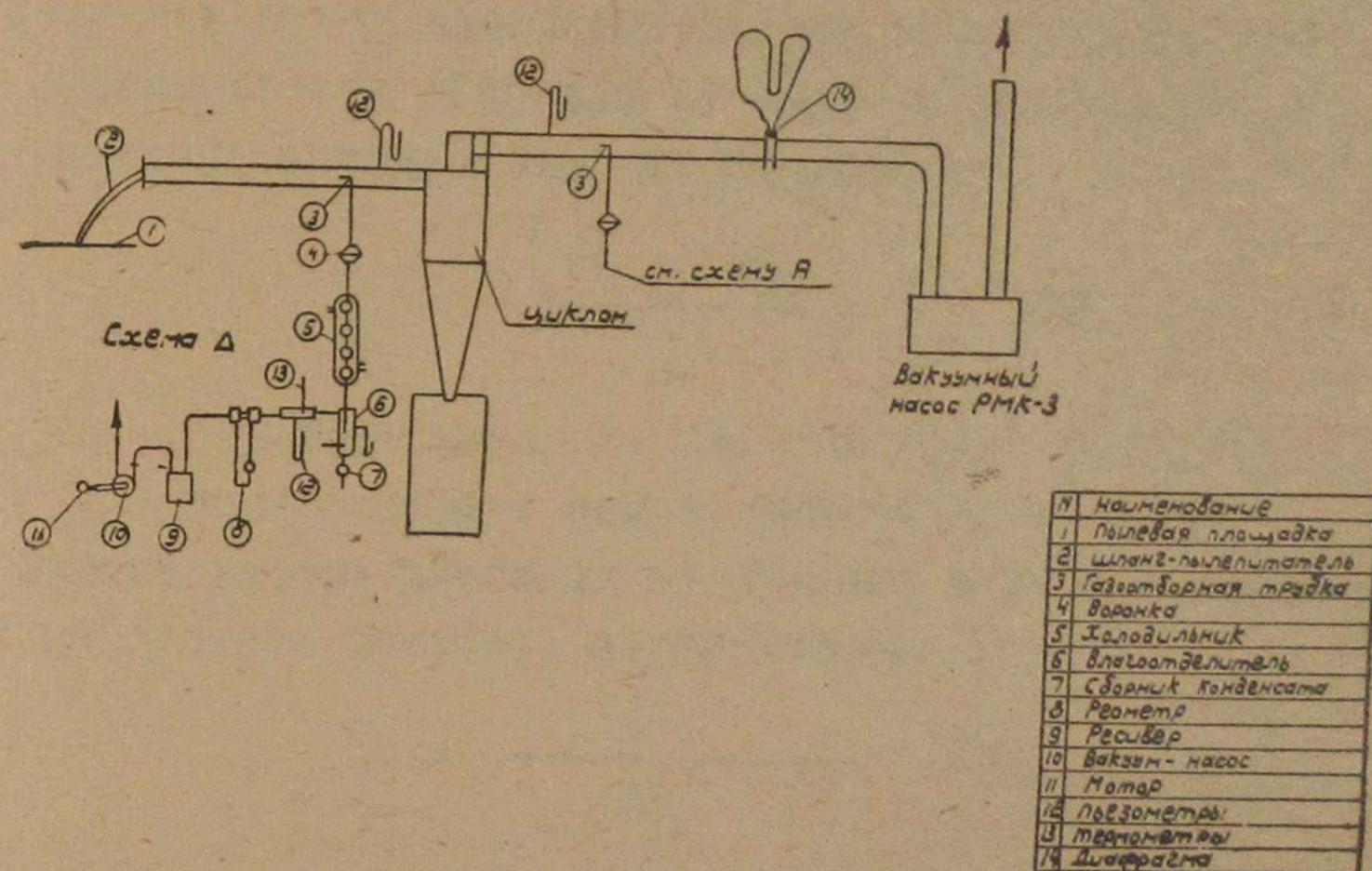
2. Влияние на степень очистки и гидравлическое сопротивление начальной концентрации пыли определялось путем замеров пылесодержаний и разрежений до и после циклона при различных начальных концентрациях пыли.

3. Влияние на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклона высоты выхлопной трубы, угла раскрытия конуса при сохранении постоянной высоты цилиндрической части, угла раскрытия конуса с весьма укороченной цилиндрической частью, диаметра цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе, изменения диаметра весьма укороченной цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе определялось путем замеров пылесодержаний и статических давлений до и после циклонов, после внесения в последние указанных конструктивных изменений.

4. В аналогичных условиях с экспериментальными циклонами испытывался циклон ГБ /для битуминозных топлив/. Испытаниями выявлена степень очистки и гидравлическое сопротивление при расходах воздуха и начальной концентрации пыли, аналогичных величинам, принятым при испытании экспериментальных циклонов.

5. Все испытания проводились на установке искусственного запыливания. Для запыливания применялась пыль, вынутая из циклонов действующей газогенераторной установки, вырабатывающей газ из тоотсинского /эстонского/ торфобрикета; насыпной вес пыли - 390 г/л., зольность - 74%.

6. Искусственное запыливание производилось следующим образом: навеска пыли укладывалась на гладкий щит с сеткой, причем число делений соответствовало требуемой концентрации пыли, отбираемой в течение 30 сек. С помощью резинового шланга \varnothing 10 мм пыль отсасывалась в трубопровод, несущий воздух и пыль к входной трубе испытываемого циклона. Время



Фиг. 30

Схема установки для испытания циклонов методом искусственного запыливания

отбора навески пыли не превышало 6 минут. В течение этого времени с помощью трубок, установленных до и после циклона, запыленный воздух протягивался через воронки Матриуса, с вложенными в последние бумажными фильтрами.

По каждому варианту производилось не менее пяти опытов. Кроме замера пылесодержаний до и после циклона с помощью газоотборных трубок, выявленная эффективность циклонов определялась путем взвешивания пыли, задержанной ими.

Эффективность циклонов по замерам пылесодержаний до и после циклона определялась из выражения:

$$\eta = \frac{A_1 - A_2}{A_1} \cdot 100,$$

где: A_1 - пылесодержание до циклона /г/м³ снв/,

A_2 - пылесодержание после циклона /г/м³ снв/.

Эффективность циклонов по замерам количества пыли, вынутой из бункера циклона, определялась:

$$\eta = \frac{a_2}{a_1} \cdot 100,$$

где: a_1 - количество пыли, поданное в циклон за время t /г/ t минут/,

a_2 - количество пыли, вынутое из бункера циклона и собранное за время t /г/ t минут/.

7. Отбор проб газа для анализа на пылесодержание, а также методика обработки полученных данных /для определения пылесодержания/ описаны в отчете НАТИ № 2004 за 1950 год.

8. Общая схема экспериментальной установки с указанием измерительной аппаратуры представлена на фиг. 30.

§ 4. Анализ литературных и экспериментальных данных испытаний

А. Влияние расхода газа на степень очистки и гидравлическую характеристику циклонов

а/ Обзор литературных данных

Изменение расхода газа связано с изменениями скорости воздушного потока в трактах циклона.

Смухнин П.Н. и Коузов П.А. [8] указывают, что диаметр осаждаемых частиц падает при увеличении входной скорости. Однако входная скорость выше 20-25 м/сек. нецелесообразна, так как повышения степени очистки при этом не наблюдается; гидравлическое же сопротивление резко возрастает.

Проф. Каменев П.Н. [9] считает, что входная скорость в циклон должна быть равна 16 м/сек.; окружную же скорость в цилиндре он принимает в 1,4 раза меньше входной скорости.

Ладыженский Р.М. [10] приводит таблицу входных скоростей для циклонов типа ЛМОТ в пределах 12-18 м/сек.

Батурин В.В. [11] указывает, что "скорость входа воздушного потока в циклон должна приниматься в пределах от 10 до 25 м/сек." "При скоростях больше 30 м/сек. степень очистки даже уменьшается".

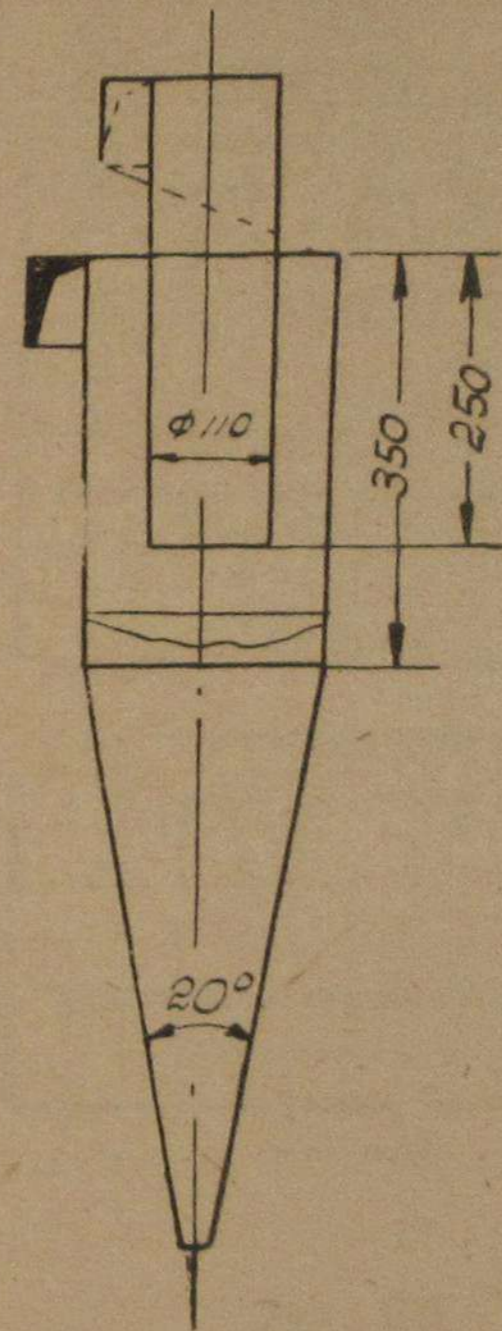
Проф. Бутаков С.Е. [12] принимает за оптимальную входную скорость 18 м/сек.

Выводы по обзору литературы

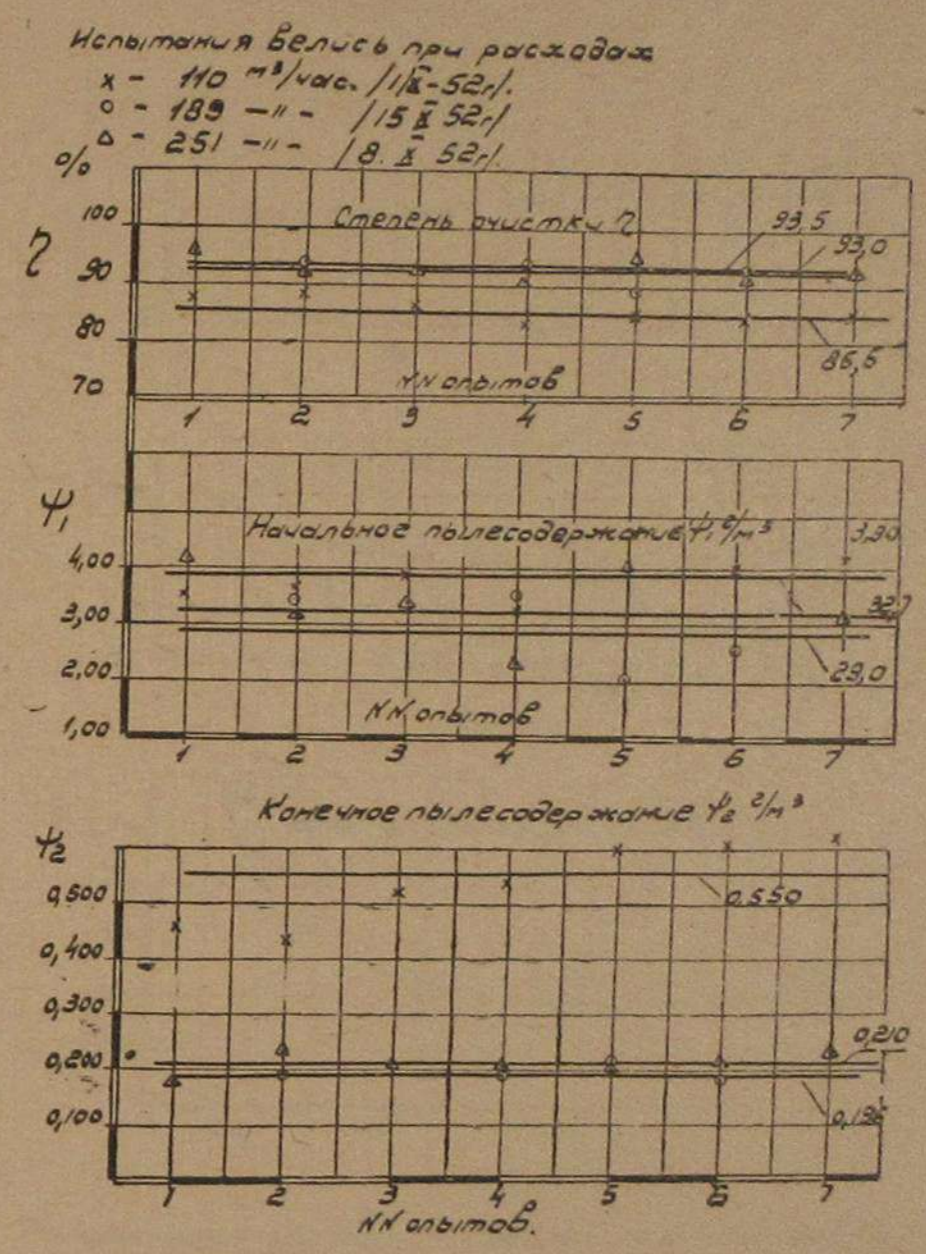
1. Расход газа влияет на степень очистки и гидравлическую характеристику циклона.

2. Несмотря на разноречивые рекомендации входных скоростей движения газа, оптимальную скорость следует принимать в пределах 18 м/сек.

3. Почти никто из авторов не дает анализа окружных скоростей в циклоне.

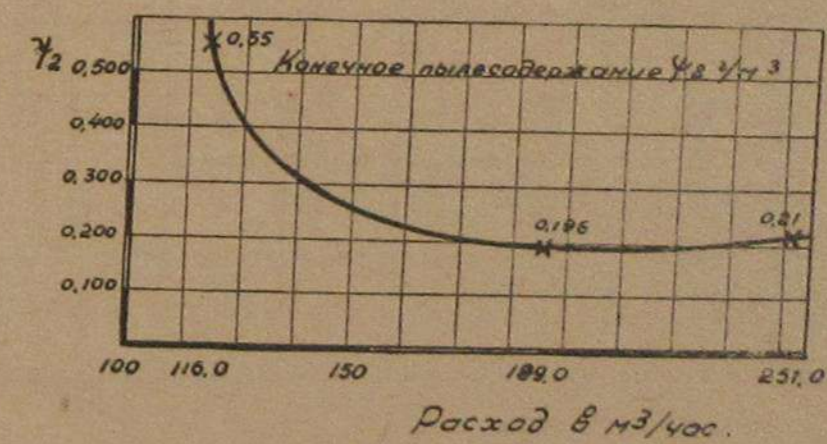
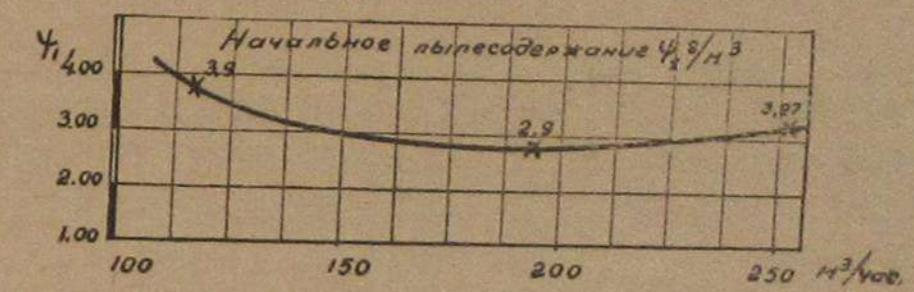
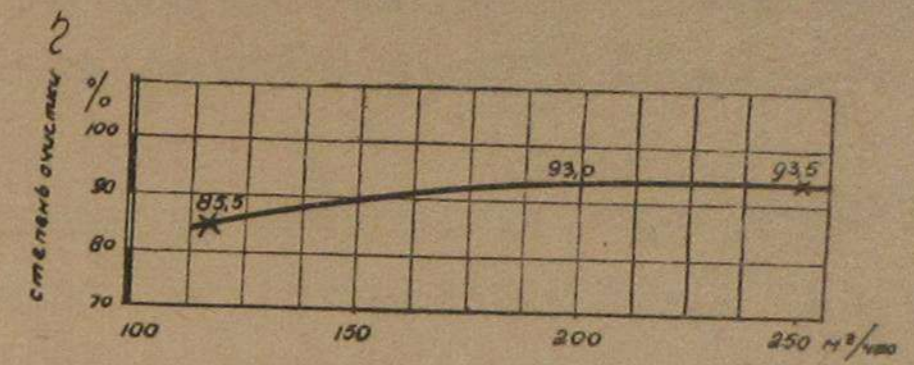


Фиг. 31



Фиг. 32

Исследование экспериментальных циклонов.
 Влияние расхода на степень очистки циклона
 № 1 с цилиндрической частью,
 с конусом $\alpha = 20^\circ$,
 выхлопной трубой $h_c = 250 \text{ мм}$



Примечание: график составлен по данным фиг. 32

Фиг. 33

Исследование экспериментальных циклонов.
Влияние расхода на степень очистки циклона
№ 1 с цилиндрической частью,
с конусом $\alpha = 20^\circ$,
выхлопной трубой $h = 250$ мм

б/ Анализ полученных результатов испытаний

Влияние расхода газа на степень очистки исследовалось на циклоне № I с цилиндрической частью, с конусом $\alpha = 20^\circ$ и выхлопной трубой $h = 250$ мм /см.фиг.31/. Эффективность циклона определялась при расходе воздуха 116,0, 189,0 и 251,0 м³/час.

Результаты испытаний представлены на фиг. 32 и 33 и в нижеследующей таблице /все данные приведены как средние из 5 опытов/.

№ № п/п	Расход воздуха в м ³ /час	Входная скорость в м/сек	Началь- ное пы- лесодер- жан. в г/м ³	Конеч- ное пы- лесодер- жание в г/м ³	Сте- пень очист- ки в %%	Сопро- тивлен. в мм вод.ст.	Дата
1.	116,0	9,5	3,90	0,556	85,5	45	1/X-52
2.	185,0	15,5	2,90	0,196	93,0	100	5/X-52
3.	251,0	20,4	3,27	0,21	93,5	170	8/X-52

Результаты испытаний говорят о том, что расход влияет на степень очистки газа циклоном.

Особенно сильно это влияние сказывается на изменении конечного пылесодержания; так, при сокращении расхода несколько более, чем в 2 раза, степень очистки снизилась на 8%, а конечное пылесодержание увеличилось в 2,5 раза. Влияние расхода газа на гидравлическое сопротивление характеризуется формулой $P \approx 0,03 Q^2$, где Q - расход в м³/час.

Б. Влияние начальной концентрации пыли на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклонов

а/ Обзор литературных данных

Частицы пыли имеют те или иные электрические заряды. При движении пыли в трактах циклона частицы, заряженные разноименно, будут коагулироваться. Очевидно, что чем больше концентрация пыли в потоке газа, тем надежнее будут условия для коагулирования частиц.

На основании сказанного Смухнин П.Н. и Коузов П.А. [8] делают предположение о том, что увеличение концентрации пыли может при некоторых обстоятельствах повлиять на улучшение степени очистки воздуха в циклоне.

Батурин В.В. [II] считает, что "в меньшей степени на эффективность влияет начальное пылесодержание". Другие авторы не рассматривают этот вопрос.

Выводы по обзору литературы

В литературе нет исчерпывающих данных о влиянии начальной концентрации пыли на степень очистки.

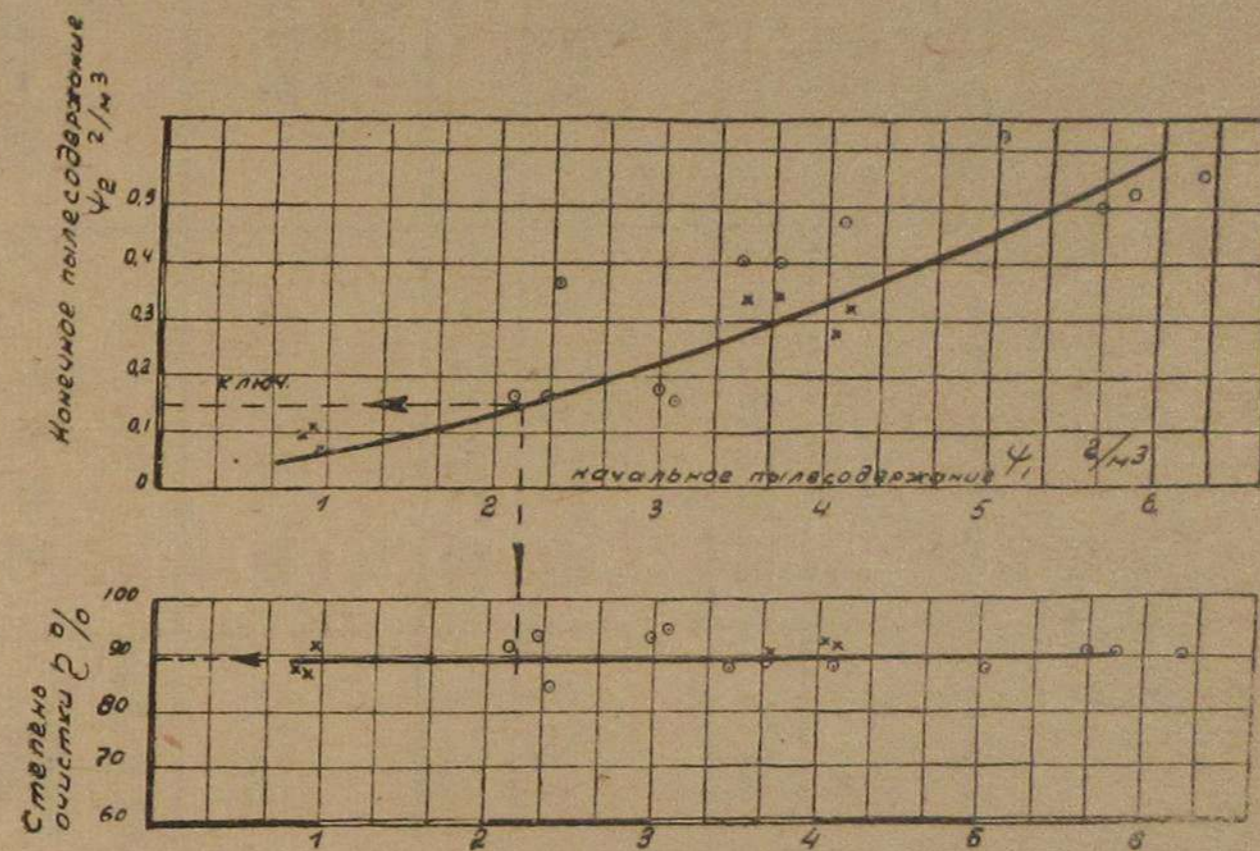
б/ Анализ полученных результатов испытаний

Влияние начальной концентрации пыли на степень очистки и гидравлическое сопротивление исследовалось на циклоне № I с цилиндрической частью, с конусом $\alpha = 20^\circ$ и выхлопными трубами $h = 125$ мм и $h = 350$ мм.

Эффективность циклона определялась при расходе воздуха $250 \text{ м}^3/\text{час}$. при начальной концентрации от I до $5 \text{ г}/\text{м}^3$, что соответствует начальному содержанию пыли в газе.

Результаты испытаний представлены на фиг.34 и в приведенной ниже таблице /все данные приведены как средние из 5 опытов/.

Результаты испытаний говорят о том, что начальная концентрация пыли, имеющая место в генераторных установках,



Фиг. 34

Исследование экспериментальных циклонов.
Влияние начальной концентрации
на степень очистки циклона № 1

№ п/п	Расход воздуха в м ³ /час.	Пылесодержание в г/м ³		Сте- пень очист- ки в % ки в %	Д а т а	Характеристика варианта циклона № I
		началь- ное	конеч- ное			
I	250,0	0,929	0,078	91,7	25. XI-52 г.	Выхлопная труба h = 125, α конуса = 20°
2	250,0	3,79	0,322	91,4	25. XI-52 г.	"
3	251,0	2,53	0,164	93,3	10, XI-52 г.	Выхлопная труба h = 350, α конус = 20°
4	250,0	3,39	0,410	88,0	16, XI-52 г.	"
5	237,0	5,67	0,548	90,4	18. XI-52 г.	"

практически не оказывает влияния на степень очистки циклона. Но это означает, что при одном значении степени очистки конечная концентрация пыли характеризуется очень большим разбросом. Следовательно, на повышение эффективности действия всей системы газоочистки существенное влияние оказывает совершенство газогенератора. Задача всемерно уменьшить унос пыли из газогенератора является одной из важнейших при оценке его конструкции.

Исследование влияния начальной концентрации пыли в пределах $8-1 \text{ г/м}^3$ на гидравлическое сопротивление циклона показало, что последнее не меняется при изменении пылесодержания в указанных пределах.

В. Влияние высоты выхлопной трубы на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклонов

а/ Обзор литературных данных

Смухнин П.Н. и Коузов П.А. [8] на основании экспериментальных исследований установили, что "уменьшение глубины опускания выхлопной трубы в циклоне ухудшает очистку" и что "целесообразно выхлопную трубу доводить непосредственно до начала конической части циклона".

Проф. Максимов Г.А. [13] и Батурич В.В. [11] считают, что "степень очистки воздуха от пыли увеличивается при доведении внутренней выхлопной трубы до конической части циклона".

Батурич В.В. [11] указывает, что "высота цилиндрической части /и выхлопной трубы [В.Д.] / циклона выбирается с таким расчетом, чтобы воздушный поток совершил в ней три полных оборота". Однако винтообразное движение в циклоне сохраняется в том случае, если внутреннюю трубу совершенно удалить, при этом степень очистки снижается на 4-5%, и вместе с этим снижается гидравлическое сопротивление циклона".

Проф. Каменев П.Н. [9], делая попытку обосновать расчетом высоту цилиндрической части /и высоту выхлопной тру-

бы/, находит, что она должна обеспечивать 6 оборотов /витков/. Высота каждого винта может быть принята равной высоте прямоугольного канала перед входом в циклон.

В циклоне НИОГАЗ-НАМИ высота выхлопной трубы составляет 60% от высоты цилиндрической части /Отчет НАТИ № 2004, 1950 г./

Выводы по обзору литературы

1. В циклонах с развитой цилиндрической частью выхлопную трубу следует доводить до начала конической части.

2. В литературе отсутствуют данные о влиянии высоты выхлопных труб на гидравлическое сопротивление циклона.

б/ Анализ полученных результатов испытаний

Влияние высоты выхлопной трубы на степень очистки и гидравлическое сопротивление исследовалось на циклоне № 1 с цилиндрической вставкой, с конусом $\alpha = 20^\circ$ и сменными выхлопными трубами высотой 125, 250, 350 мм /см.фиг.35/. Расход воздуха принимался $\approx 250 \text{ м}^3/\text{час}$.

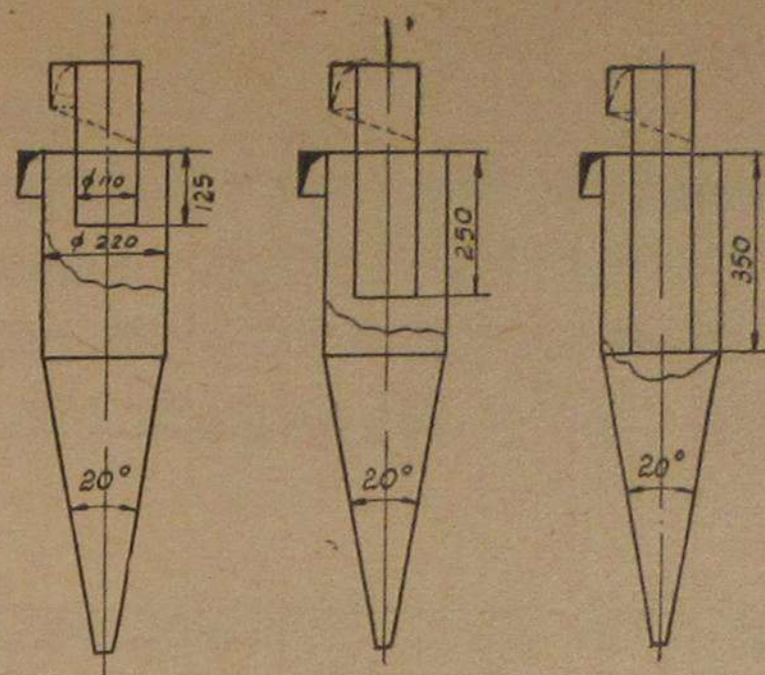
Результаты испытаний представлены на фиг. 36 и в нижеприведенной таблице /все данные приведены как средние из 5 опытов/.

Результаты испытаний говорят о том, что высота выхлопной трубы не имеет того существенного влияния на изменение степени очистки, которое приписывается ей в цитируемых выше литературных источниках. Однако следует иметь в виду, что данное исследование проведено на одном циклоне, т.е. при неизменном отношении площадей сечения выхлопной трубы и цилиндрической части, т.е. при $\frac{d_1}{d_2} = const$,

где: d_1 - диаметр выхлопной трубы и d_2 - диаметр цилиндрической части.

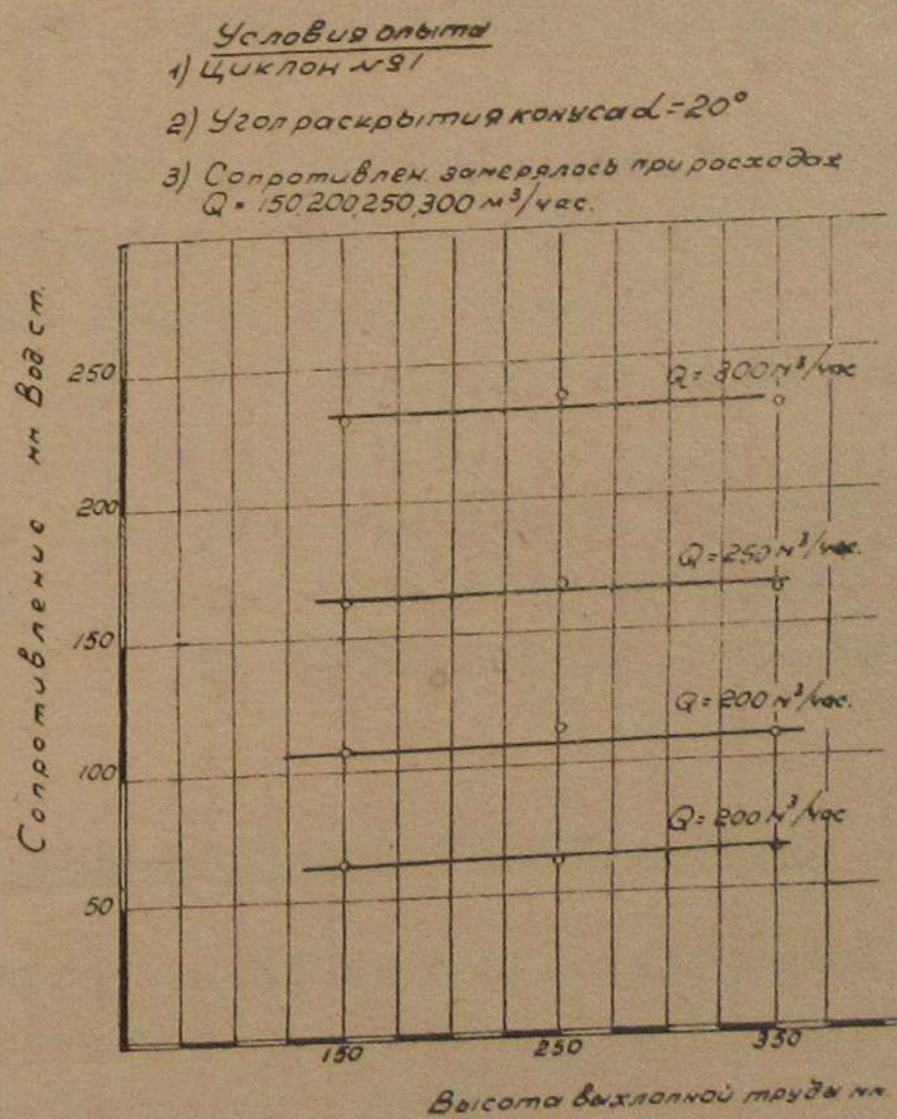
Чрезвычайно интересно, что гидравлическое сопротивление циклона при 3-х вариантах высот выхлопных труб практиче-

№ п/п	Высота выхлопн. трубы в мм	Расход воздуха в м ³ /час	Пылесодержание в г/м ³		Степень очистки в %	Сопротивление в мм в.ст.	Дата
			начальн.	конечное			
1.	125	254,0	1,645	0,158	90,4	175	20/X-52 г.
2.	125	186,0	2,14	0,126	94,0	95	21/X-52 г.
3.	250	257,0	2,63	0,179	93,2	175	22/X-52 г.
4.	250	199,0	2,73	0,152	94,2	110	23/X-52 г.
5.	350	251,0	3,27	0,210	93,5	170	8/X-52 г.
6.	350	189,0	2,90	0,196	93,0	100	15/X-52 г.



Фиг. 35

Исследование экспериментальных циклонов.
 Схема циклона № 1, испытанного для установления влияния высоты выхлопной трубы на степень очистки и гидравлическое сопротивление



Фиг. 36

Исследование экспериментальных циклонов.
 Влияние высоты выхлопной трубы на гидравлическое сопротивление циклона

ски остается неизменным.

Специально проведенное испытание по определению сопротивления трения выхлопной трубы ϕ 110 показало ничтожно малое значение его /фиг.37/. Сопротивление участка трубы $l = 200$ мм при расходе воздуха $300 \text{ м}^3/\text{час}$ составило всего 3 мм вод.ст.

Г. Влияние угла раскрытия конуса при сохранении постоянной высоты цилиндрической части циклона

а/ Обзор литературных данных

Проф. Максимов Г.А. [13] и Батурин В.В. [11] указывают, что "при уменьшении угла при вершине конуса", а следовательно, при увеличении длины конической части циклона степень очистки увеличивается. В циклонах ЛИОТ угол раскрытия конуса $\alpha = 40^\circ$.

Смухнин П.Н. и Коузов П.А. [8] считают, что "наилучшая форма^{х/} циклонов остается невыясненной". Встречаются циклоны с углом раскрытия конуса в $60, 50$ и 45° .

Проф. Бутаков С.Е. [12] рекомендует устраивать циклоны с углами раскрытия конуса в $20-30^\circ$.

Проф. Максимов Г.А. [13] указывает, что сопротивление циклона уменьшается с уменьшением угла раскрытия конуса.

Проф. Каменев П.Н. [9] принимает угол раскрытия конуса циклона в $30-40^\circ$.

Выводы по литературному обзору

1. Влияние конуса в циклоне с цилиндрической частью на степень очистки достаточно не изучено; отсутствуют данные об оптимальном угле раскрытия конуса.

2. Считают, что степень очистки увеличивается при уменьшении угла раскрытия конуса.

3. С уменьшением угла раскрытия конуса сопротивление его падает.

^{х/} Касательно угла раскрытия конуса [В.Д.]

б/ Анализ полученных результатов испытаний

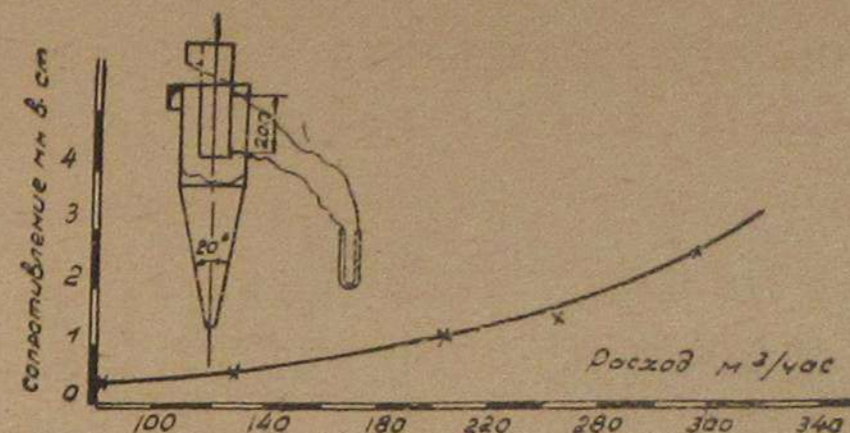
Влияние угла раскрытия конуса при сохранении постоянной высоты цилиндрической части циклона на степень очистки и гидравлическое сопротивление исследовалось на циклоне № I со сменными конусами с углом раскрытия α в $= 20^\circ, 30^\circ$ и 40° , с выхлопной трубой $h = 250$ мм /фиг.38/.

Результаты испытаний представлены на фиг. 39, 40 и в нижеследующей таблице /все данные приведены как средние из 5 опытов/.

№№ п/п	Угол раскрытия конуса α°	Расход воздуха в м ³ /час	Пылесодержание в г/м		Степень очистки в %	Сопротивление в мм вод.ст.	Дата испытания
			начальное	конечное			
1.	20	257,0	2,63	0,179	93,2	170,0	22/X-52 г.
2.	20	199,0	2,73	0,152	94,2	115,0	23/X-52 г.
3.	30	250,0	3,71	0,234	93,5	-	5/XI-52 г.
4.	30	186,0	3,65	0,240	93,4	-	4/XI-52 г.
5.	40	256,0	3,88	0,253	93,5	165,0	1/XI-52 г.
6.	40	188,9	3,53	0,251	93,0	105,0	3/XI-52 г.

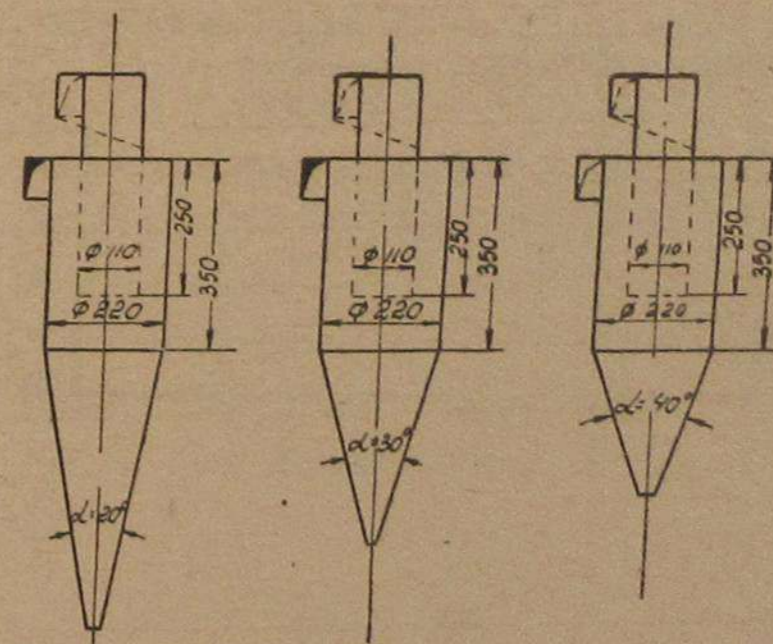
Результаты испытаний говорят о том, что в циклоне угол раскрытия конуса при сохранении постоянной высоты цилиндрической части практически не влияет на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклона.

Это обстоятельство можно использовать при конструировании циклонов в тракторных установках: в целях сокращения габаритов циклона /уменьшение высоты/ следует отдать предпочтение циклону с конусом, имеющим угол раскрытия $\alpha = 40^\circ$.



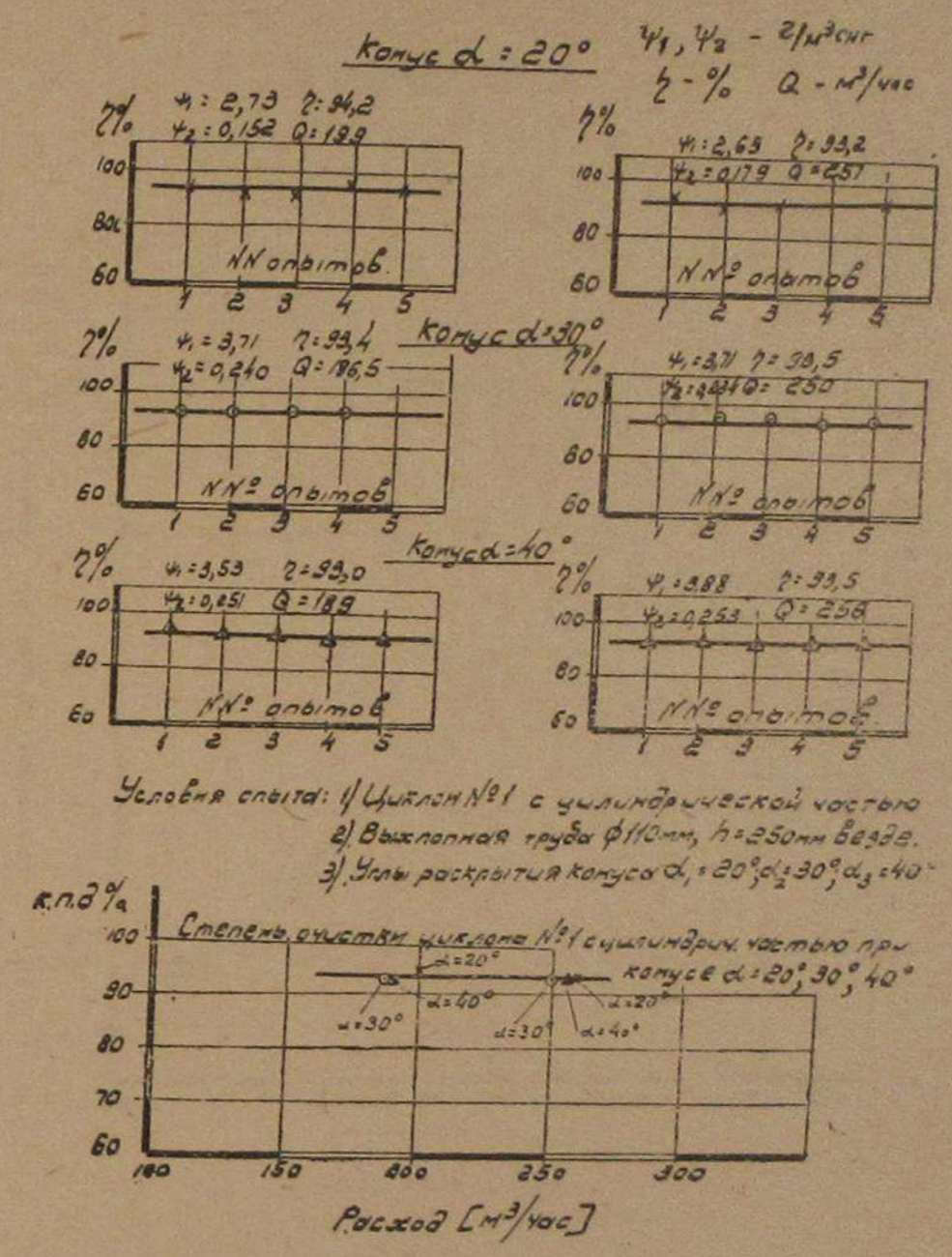
Фиг. 37

Исследование экспериментальных циклонов.
Гидравлическое сопротивление выхлопной трубы- ϕ 110 циклона № 1

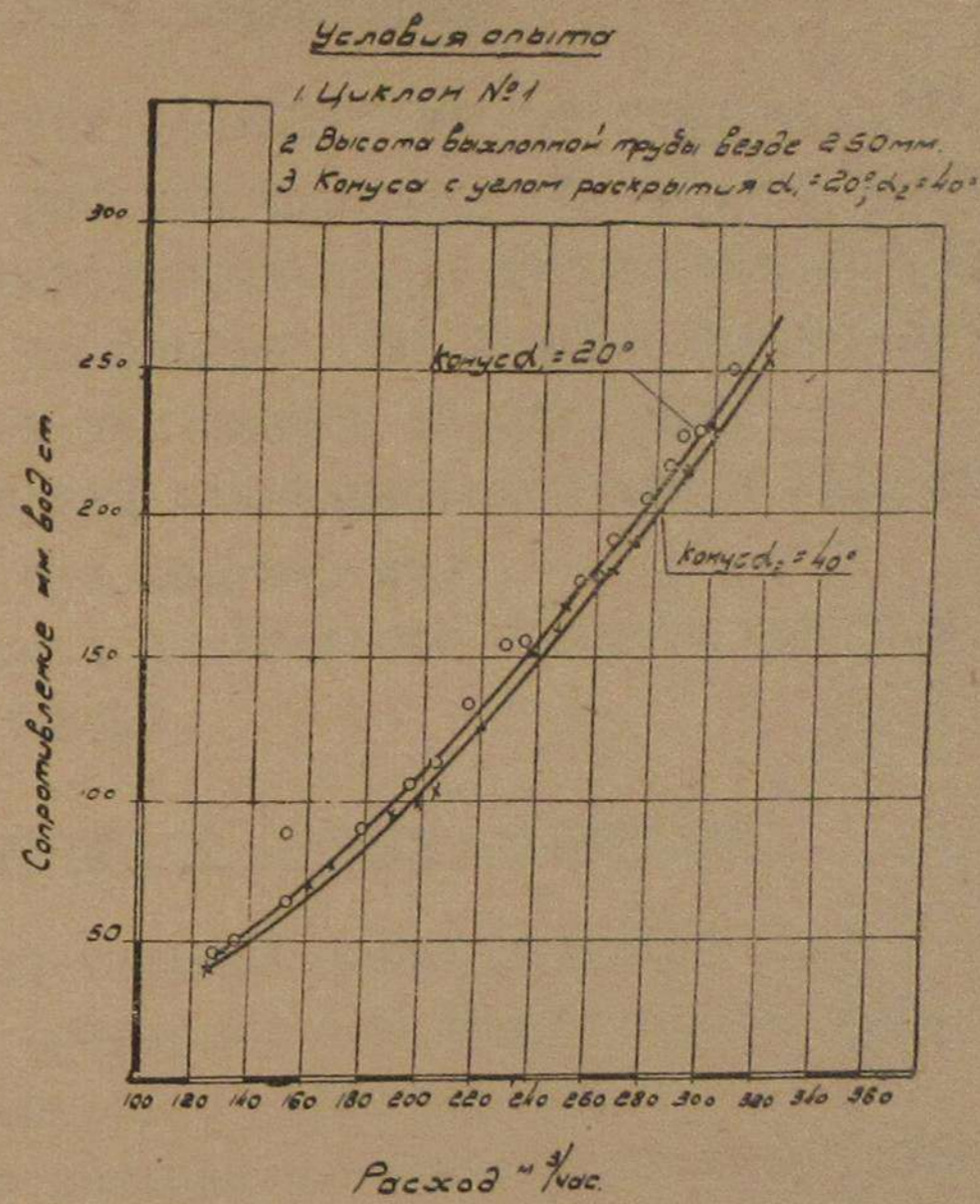


Фиг. 38

Исследование экспериментальных циклонов.
Схема экспериментального циклона для исследования влияния угла раскрытия конуса циклона № 1 с цилиндрической частью на степень очистки и гидравлическое сопротивление



Фиг. 39
 Исследование экспериментальных циклонов.
 Испытание циклона № 1
 с цилиндрической частью.
 Влияние угла раскрытия конуса
 на степень очистки



Фиг. 40
 Исследование экспериментальных циклонов.
 Влияние угла раскрытия конуса
 циклонā № 1 с цилиндрической частью
 на гидравлическое сопротивление

Д. ВЛИЯНИЕ УГЛА РАСКРЫТИЯ КОНУСА С ВЕСЬМА
УКОРОЧЕННОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЧАСТЬЮ НА СТЕПЕНЬ
ОЧИСТКИ И ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

а/ Обзор литературы

В литературе нет данных о работе циклонов, имеющих в качестве основных рабочих трактов - конус, за исключением упоминаемой выше монографии проф. Бутакова С.Е. [12].

Бутаков С.Е. на основе экспериментальных данных и теоретических выкладок приходит к выводу, что:

а/ при отсутствии цилиндрической части эффективность циклона выше, чем при наличии ее;

б/ эффективность циклона еще более возрастает при удлинении конической части.

Выводы по обзору литературы

1. Циклоны, не имеющие цилиндрической части, проще, имеют меньшие, по сравнению с цилиндрическими циклонами, габариты и, следовательно, меньший вес.

2. Конические циклоны в случае их большей эффективности должны найти применение в технике очистки генераторного газа, вырабатываемого в тракторных установках.

б/ Анализ полученных результатов испытаний

Нами при проектировании экспериментальных циклонов была предусмотрена возможность создания конических циклонов или точнее циклонов с весьма укороченной цилиндрической частью; последняя явилась необходимым конструктивным элементом в силу того, что так называемая весьма укороченная цилиндрическая часть составляет устройство, организующее подвод газа в циклон.

Исследования влияния угла раскрытия конуса в циклоне с весьма укороченной цилиндрической частью должны одновремен-

но разрешить вопрос о возможности и целесообразности применения конических циклонов.

Влияние угла раскрытия конуса в цилиндре с весьма укороченной цилиндрической частью на степень очистки и гидравлическое сопротивление было исследовано на циклоне № I /фиг.41/ со сменными конусами, имеющими углы раскрытия в 20, 30 и 40°.

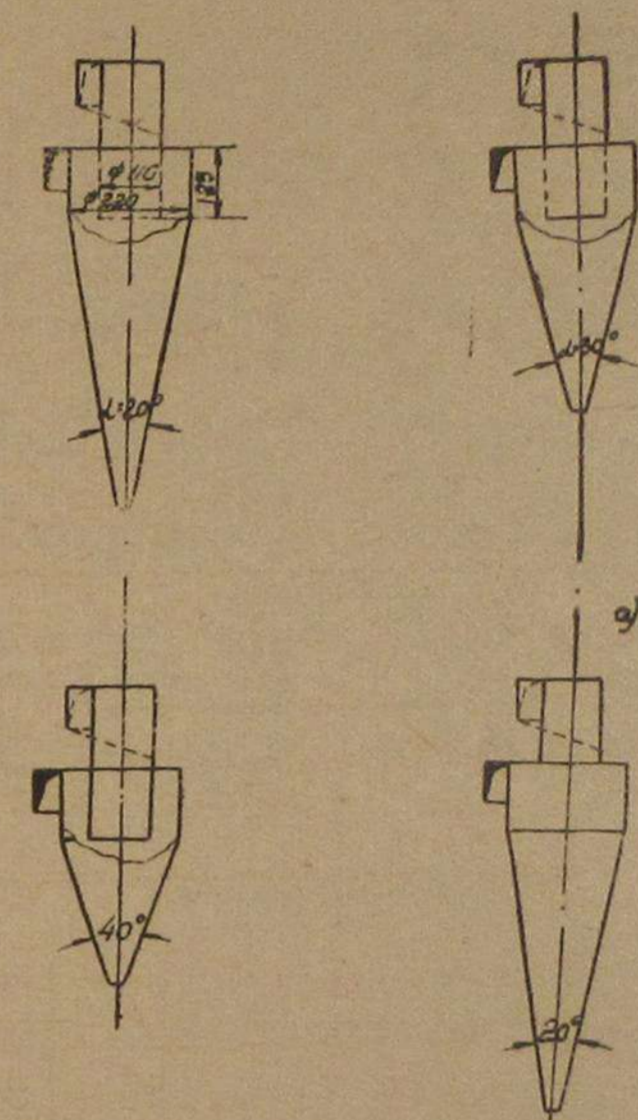
Головка циклона была снабжена выхлопной трубой, высота которой равна высоте укороченной цилиндрической части циклона.

Результаты испытаний представлены на фиг. 42, 43 и в нижеследующей таблице /представляющей данные как средние из пяти опытов/.

№ опытов	Угол раскрытия конуса α°	Расход воздуха в м ³ /час	Пылесодержание в г/м ³		Степень очистки в %	Сопротивление в мм вод.ст.	Дата
			начальное	конечное			
1.	20	250,0	3,79	0,322	91,4	196	25/XI-52 г.
2.	20	182,0	6,59	0,155	97,6	112	14/XI-52 г.
3.	30	251,0	2,54	0,192	92,0	195	12/XI-52 г.
4.	30	185,5	3,13	0,207	93,1	116	11/XI-52 г.
5.	40	253,0	4,81	0,458	90,5	200	26/XI-52 г.
6.	40	187,0	4,32	0,415	90,3	117	26/XI-52 г.

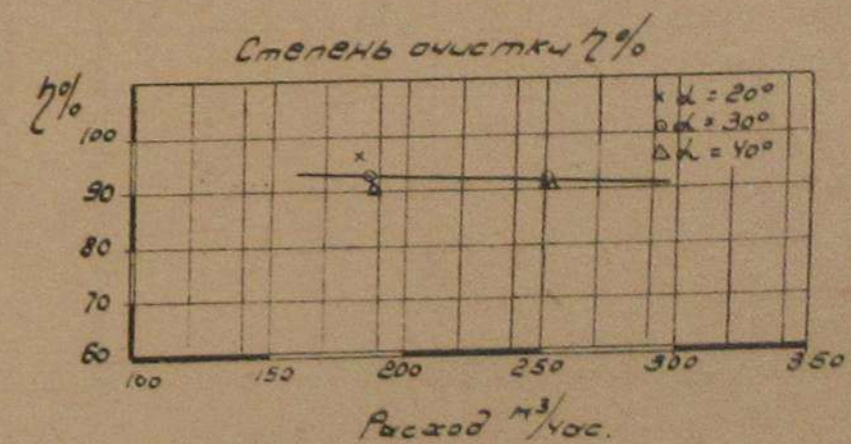
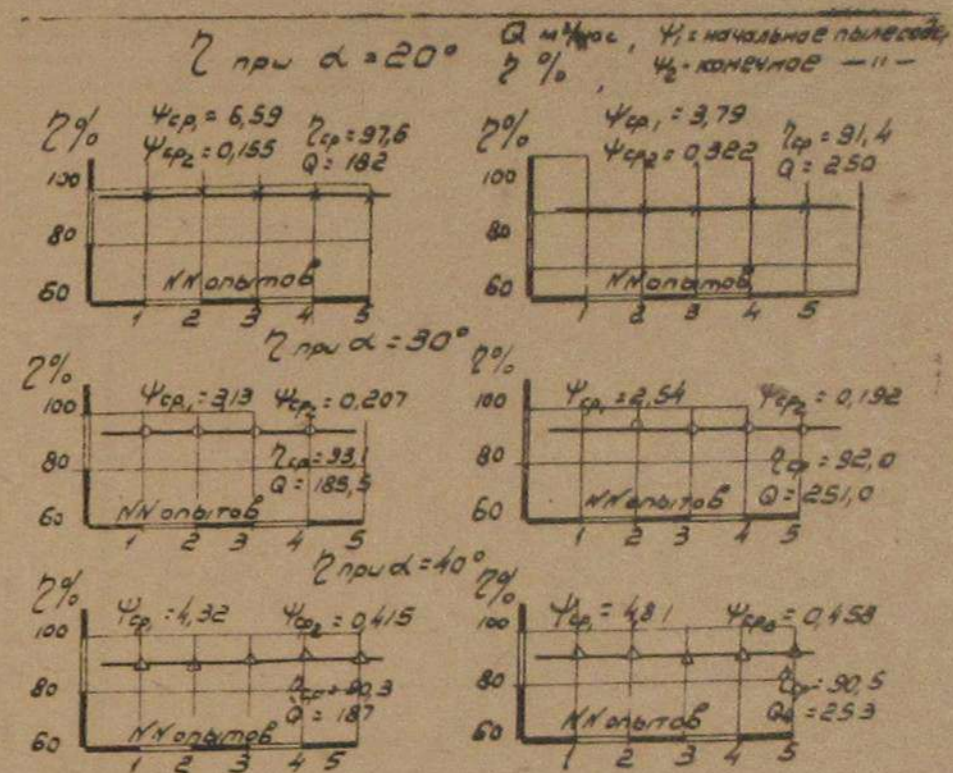
Результаты испытаний говорят о том, что циклоны с весьма укороченной цилиндрической частью имеют сравнительно высокую степень очистки, причем степень очистки имеет тенденцию к повышению с уменьшением угла раскрытия конуса /фиг.44/.

Гидравлическое сопротивление, как видно из фиг.43 /кривая I/, практически не зависит от угла раскрытия конуса, в пределах 20-40°.



Фиг. 41

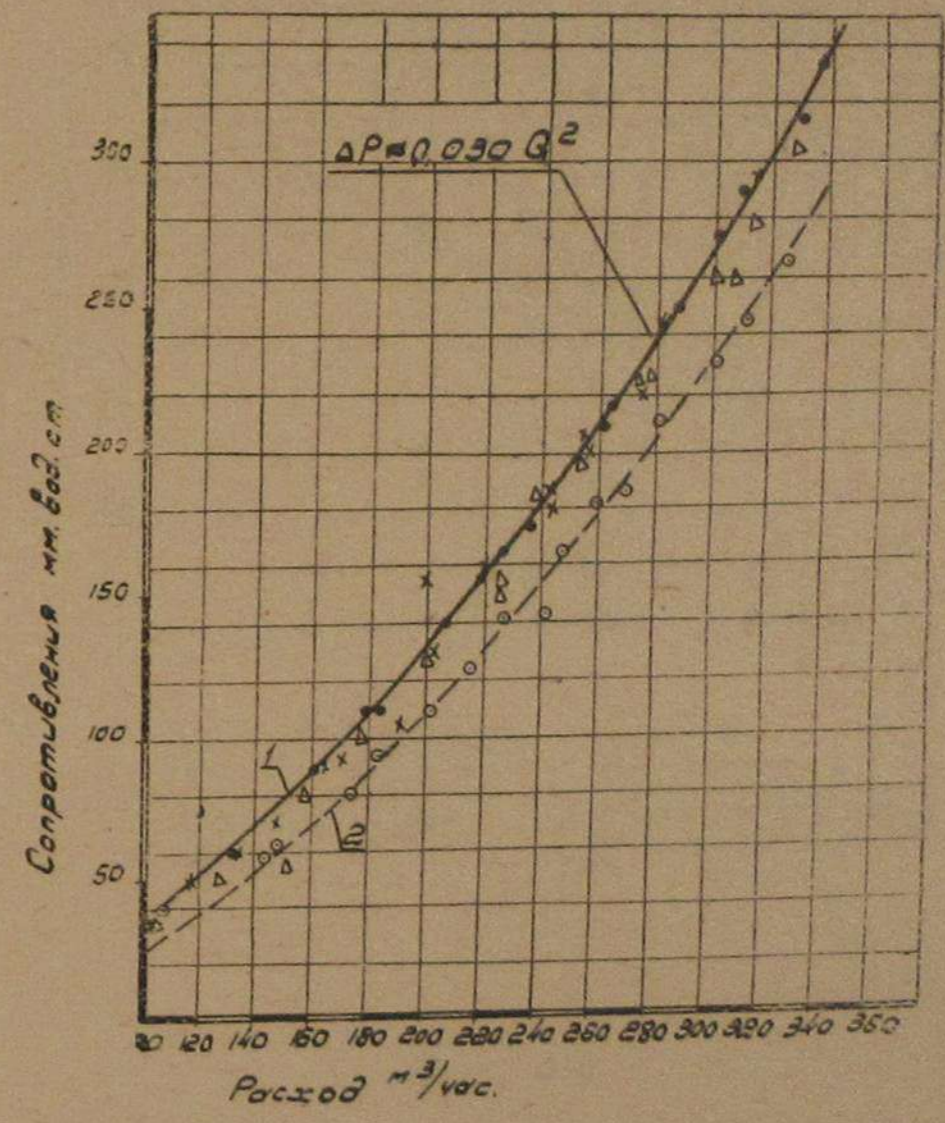
Исследование экспериментальных циклонов.
 Схема циклона № 1
 для исследования влияния угла раскрытия конуса в циклонах с весьма укороченной цилиндрической частью на степень очистки и гидравлическое сопротивление



Фиг. 42

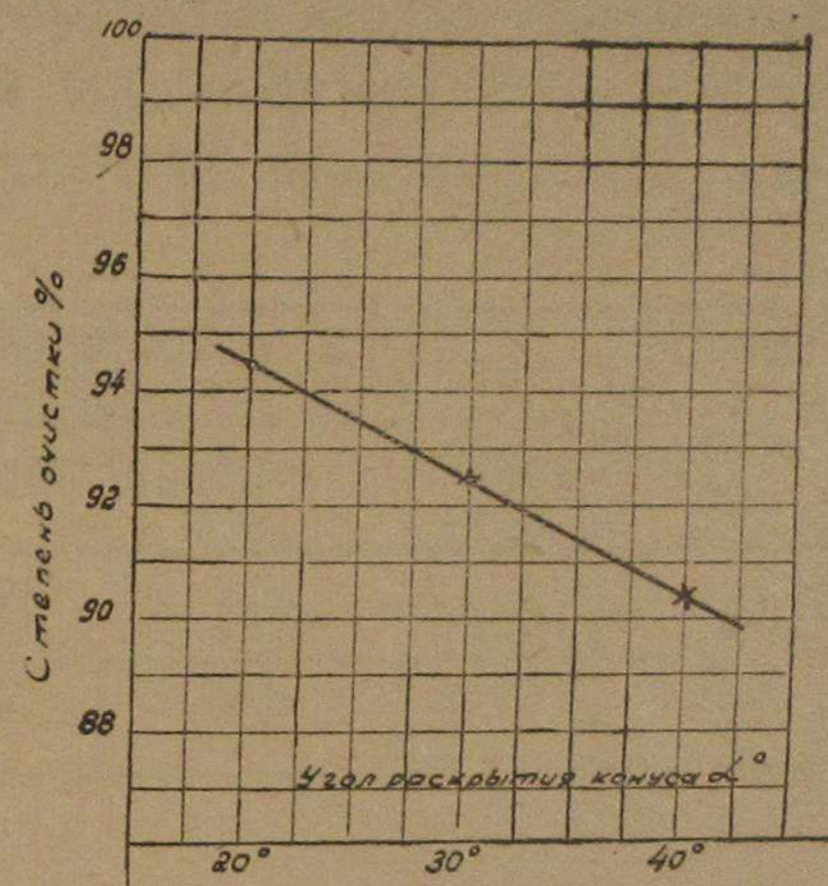
Исследование экспериментальных циклонов.
 Влияние угла раскрытия α конуса
 в циклоне № 1 с весьма укороченной
 цилиндрической частью
 на степень очистки

1 Сопротивление циклона NI с конусом, углом раскрытия $\alpha = 20^\circ$ \times - 14 Г. 58г.
 1 " " NI " " " $\alpha = 30^\circ$ \circ - 11 Г. 52г.
 1 " " NI " " " $\alpha = 40^\circ$ \bullet - 20 Г. 52г.
 2 " " NI " " " $\alpha = 20^\circ$ Δ - выключенной пружиной.



Фиг. 43

Испытание экспериментальных циклонов.
 Влияние угла раскрытия конуса
 в циклонах с весьма укороченной
 цилиндрической частью
 на гидравлическое сопротивление



Угол раскрыт конуса	степень очистки %	Примечание
20	94,5	Степень очистки опре- делена как средняя по данным таблицы № 44
30	92,5	
40	90,4	

Фиг. 44

Исследование экспериментальных циклонов.
 Влияние угла раскрытия конуса
 в циклоне с весьма укороченной
 цилиндрической частью
 на степень очистки

Гидравлическое сопротивление выражается формулой:

$$\Delta P \approx 0,03 Q^2 \text{ мм вод.ст.}, \text{ где: } Q - \text{ расход газа в м}^3/\text{час сн.}$$

Представляет интерес влияние выхлопной трубы на степень очистки и гидравлическое сопротивление. С целью исследования этого момента из циклона с весьма укороченной цилиндрической частью была изъята выхлопная труба /фиг. 41а/.

Результаты испытаний представлены в следующей таблице:

№№ п/п	Расход воздуха в м ³ /час	Пылесодержание в г/м ³		Сте- пень очист- ки в %	Спроти- вление в мм вод. ст.	Дата
		начальн.	конеч- ное			
1.	249,0	3,76	0,447	88,0	II6	6/XI-52 г.
2.	249,0	4,47	0,448	90,0	II6	6/XI-52 г.

Из таблицы видно, что степень очистки без выхлопной трубы снижается; видимо, предположение о том, что выхлопная труба уменьшает опасность увеличения пыли в вытяжное отверстие из наиболее невыгодного ее положения - подтверждается. Выхлопная труба отжимает поток к конусу и, очевидно, играет до известной степени ту же роль, что и цилиндрическая часть цилиндрического циклона. Сказанное подтверждается некоторым уменьшением гидравлического сопротивления этого циклона /фиг.43, кривая 2/.

Е. Влияние диаметра цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклонов

а/ Обзор литературы

I. Из обзора упоминаемой выше литературы следует, что степень очистки от пыли в циклоне является, прежде всего, функцией центробежной силы, выражаемой следующей формулой:

$$P = \frac{m \cdot V^2}{\gamma}$$

где: m - масса пылинок;

V - скорость вращения воздушного потока внутри полости цилиндра;

γ - радиус вращения пыли.

Из формулы видно, что степень очистки а) возрастает с увеличением массы пылинок, которые отделяются в циклоне, т.е. с увеличением удельного веса вещества, из которого образовалась пыль, а при данном удельном весе с увеличением размера пылинок; б) растет с увеличением скорости V - вращения воздушного потока внутри полости циклона /при подборе циклона за эту скорость принимается скорость во входном патрубке циклона/; в) увеличивается с уменьшением радиуса вращения пылинок, т.е. с уменьшением размера циклона.

Учитывая эти положения, скорость входа воздуха в циклон рекомендуется принимать в пределах 12-25 м/сек. и тем больше, чем меньше и легче пыль, которую требуется отделить. Однако следует помнить, что сопротивление циклона пропорционально величине $\frac{v^2 \delta}{2g}$, почему скорость следует выбрать оптимальную, т.е. обеспечивающую достаточный эффект пылезадержания и экономически допустимый расход энергии на преодоление потери давления при проходе газа в установке циклона.

2. Смухин П.Н. и Коузов П.И. [8] констатируют, что "точных указаний для выбора диаметра выхлопных труб не имеется". "Соотношения диаметров выхлопных труб циклонов с диаметром циклона весьма разнообразны". Те же авторы утверждают, что скорость воздуха в выхлопной трубе следует брать в пределах 4-8 м/сек.

3. Проф. Каменев П.Н. [9] принимает скорость в выхлопной трубе равной 6 м/сек.

4. Львович А.Е. [14] считает, что "скорость движения воздуха во внутренней трубе, через которую он выходит из циклона, зависит от характера материала". "При наличии мелкого и пыльного материала эта скорость должна быть равна 1,5-2 м/сек."

Выводы по обзору литературы

1. Степень очистки циклонов повышается с уменьшением радиуса вращения пыли /уменьшением радиуса циклона/; следовательно, диаметр выхлопной трубы должен быть как можно меньше. С другой стороны, уменьшению диаметра выхлопной трубы ставит предел увеличение сопротивления циклона.

2. Увеличение сечения/диаметра/ выхлопной трубы способствует задержанию в циклоне пыли мелкой фракции.

б/ Анализ полученных данных

Исследования влияния диаметров цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе на степень очистки и гидравлическое сопротивление были произведены на трех циклонах, № 1, № 2 и № 3 /фиг. 45/.

Диаметры цилиндров и выхлопных труб в указанных циклонах представлены в нижеследующей таблице:

Циклон	D цилиндра в мм	d выхлопн. трубы в мм	Высота цилиндри- ческой части в мм	Высота вы- хлопной трубы в мм
№ 1	220	110	350	250
№ 2	150	110	350	250
№ 3	125	72	350	250

Высота цилиндрической части и выхлопных труб была одинаковой. Высота выхлопных труб = 250 мм. Все циклоны исследовались с конусами, имеющими угол раскрытия $\alpha = 20^\circ$.

Результаты испытаний представлены на фиг. 46, 47 и в нижеследующей таблице.

Циклон	Расход воздуха в м ³ /час	Пылесодержание в г/м ³		Степень очистки в %	Сопротивление в мм вод. ст.	Дата испытания
		начальное	конечное			
1	257,0	2,63	0,179	93,2	168	22/X-52 г.
2	252,0	2,68	0,232	91,0	175	2/XII-52 г.
3.	253,0	3,82	0,169	95,5	300	28/XI-52 г.

Из фиг. 46 видно, что эффективность циклона № 1 больше эффективности циклонов № 2 и № 3, несмотря на то, что диаметр цилиндра в этом циклоне больше, чем в других. Объяснение этому следует искать в том, что в месте присоединения конуса циклона к пылесборному бункеру был установлен обратный конус /фиг. 29а/.

По результатам испытания циклонов № 2 и № 3 видно, что уменьшение диаметра цилиндра /что связано с уменьшением диаметра выхлопной трубы/ способствует увеличению эффективности его.

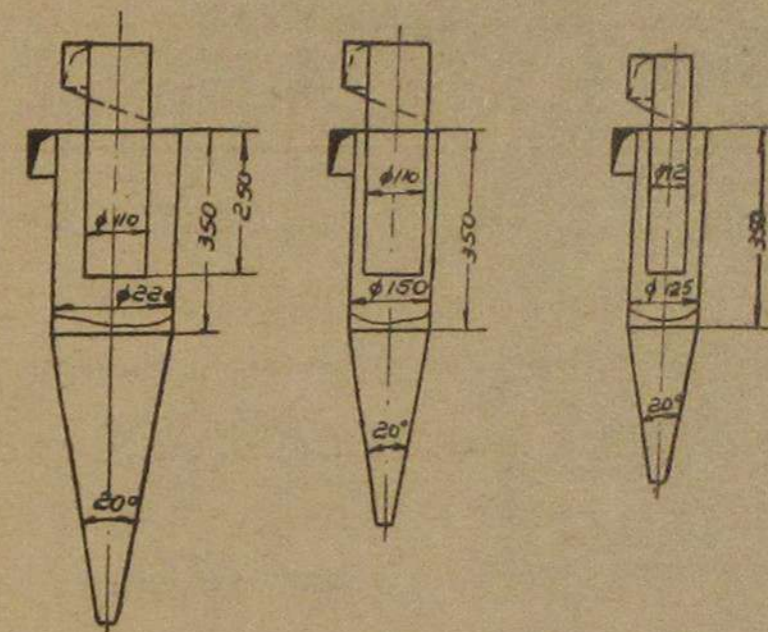
Гидравлическое сопротивление циклона заметно растет в связи с уменьшением диаметра цилиндра.

Отсюда можно сделать вывод, что рентабельность установки того или иного типа циклона нельзя определить только по его эффективности очистки газа.

Ж. Влияние диаметра весьма укороченной цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе на степень очистки и гидравлическое сопротивление циклонов

Анализ полученных данных

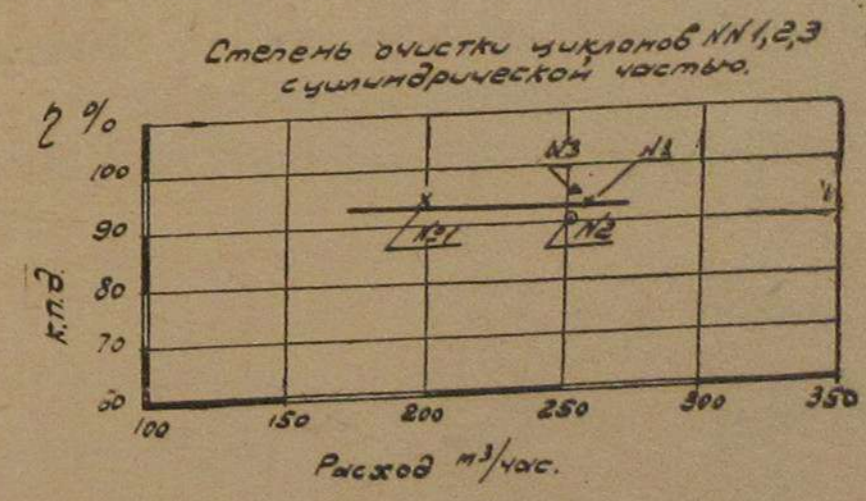
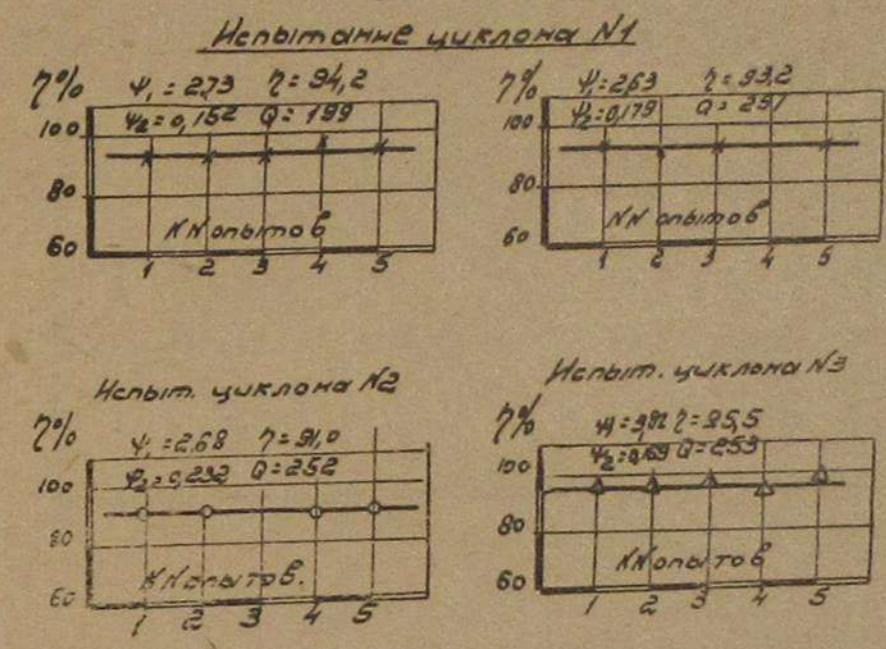
Исследования влияния диаметров весьма укороченной цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе на степень очистки и гидравлическое сопротивление были произведены на



Фиг. 45

Схема циклона №№ 1, 2, 3, для исследования влияния диаметра цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе на степень очистки и гидравлическое сопротивление

ψ_1 - начальное амплесодержание τ м/снр
 ψ_2 - конечное
 τ - м/час, Q - м³/час



Фиг. 46
 Исследование экспериментальных циклонов.
 Влияние диаметра цилиндрической части
 и скорости в выхлопной трубе
 на степень очистки

трех циклонах № I, № 2, № 3 /фиг. 48/.

Диаметры укороченных цилиндров и выхлопных труб в указанных циклонах представлены в нижеследующей таблице:

Циклон	D цилиндра в мм	d выхлопной трубы в мм	высота цилиндрич. части в мм	высота выхлопных трубок в мм
№ I	220	110	125	125
№ 2	150	110	125	125
№ 3	125	72	125	125

Высота весьма укороченной цилиндрической части и выхлопных труб была одинаковой.

Все циклоны исследовались с конусами, имеющими угол раскрытия $\alpha = 20^\circ$

Результаты испытаний представлены на фиг. 49, 50 и в нижеследующей таблице:

Циклон	Расход воздуха в м ³ /час	Пылесодержание в г/м ³ .		Степень очистки в %	Сопротивл. в мм вод. ст.	Дата
		начальное	конечное			
I	250,0	3,79	0,322	91,4	172,0	25/XII-52 г.
2	250,0	3,12	0,426	86,4	166,0	2/XII-52 г.
3	250,0	3,92	0,263	93,3	340,0	8/XI-52 г.

Из фигур и таблицы видно, что эффективность циклона № I больше эффективности циклона № 2, несмотря на то, что диаметр цилиндра в этом циклоне больше, чем в другом. Объяснить данное явление можно тем, что в месте присоединения

конуса циклона к пылесборному бункеру был установлен обратный конус /фиг. 29а/.

По результатам испытания циклонов № 2 и № 3 видно, что уменьшение диаметра весьма укороченной части цилиндра способствует увеличению эффективности его.

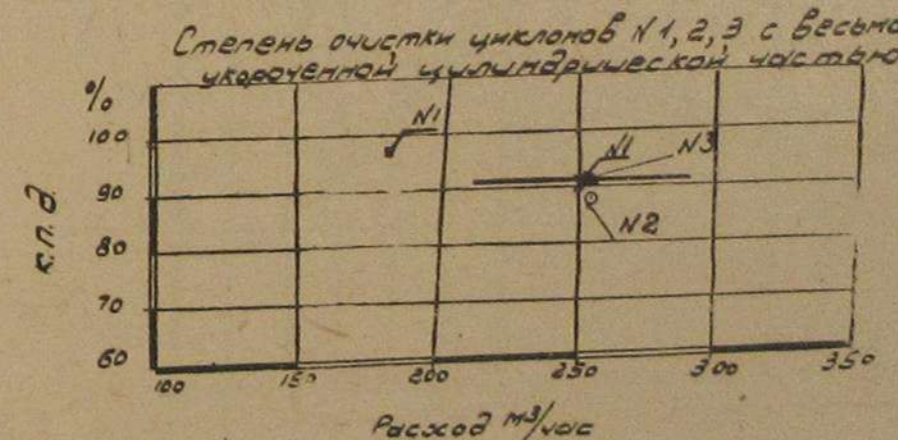
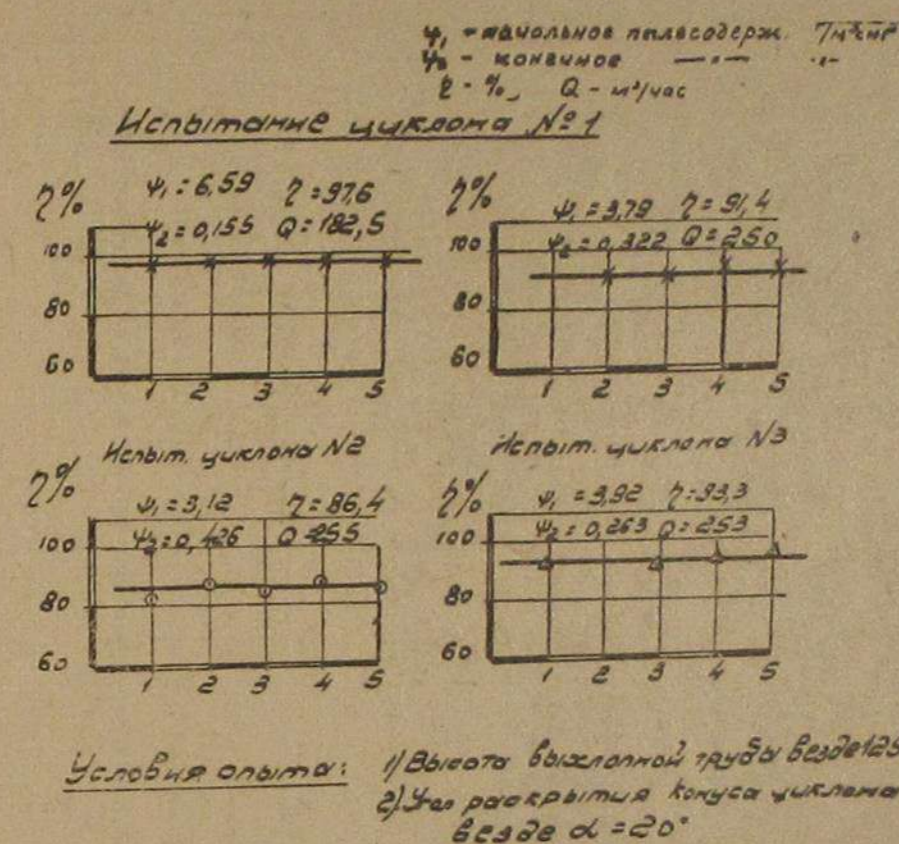
Гидравлическое сопротивление заметно растет в связи с уменьшением диаметра цилиндра /фиг. 50/.

3. Сравнительные характеристики испытываемых экспериментальных и существующих циклонов

Для оценки эффективности вновь созданных экспериментальных циклонов была произведена проверка эффективности циклона ГБ. Напомним здесь, что конструктивное устройство рабочей части циклона ГБ /для битуминозных топлив / не отличается от аналогичного устройства циклона ГТ /для тощих топлив/. На установке искусственного запыливания были определены степень очистки и гидравлическое сопротивление этих циклонов.

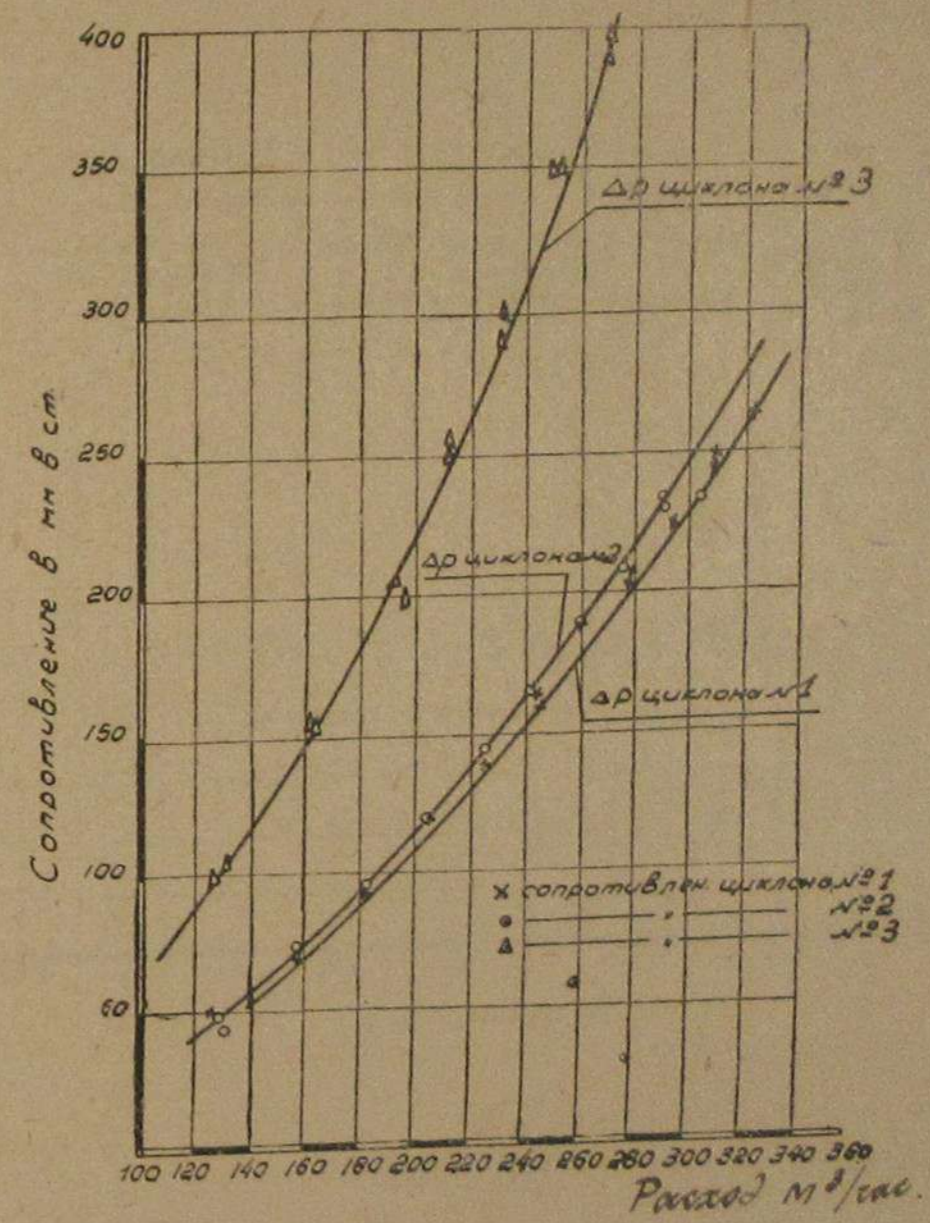
Сравнительная характеристика циклонов представлена на фиг. 51, 52 и в нижеследующей таблице:

Расход воздуха в м ³ /час.	Пылесодержание в г/м ³		Степень очистки в %	Сопротивление циклона в мм вод. ст.
	начальное	конечное		
1	2	3	4	5
Циклон ГБ				
250,0	3,89	0,137	96,37	350,0
250,0	4,83	0,206	95,80	350,0
250,0	1,005	0,068	92,70	350,0
Циклон № I с цилиндрической частью, с конусом $\alpha = 20^\circ$, с выхлопной трубой высотой в 250 мм				
257,0	2,63	0,179	93,2	165,0
199,0	2,73	0,152	94,2	115,0
Циклон № I с весьма укороченной цилиндрической частью, с конусом $\alpha = 20^\circ$, с выхлопной трубой высотой в 125 мм				
250,0	3,79	0,322	91,4	194,0



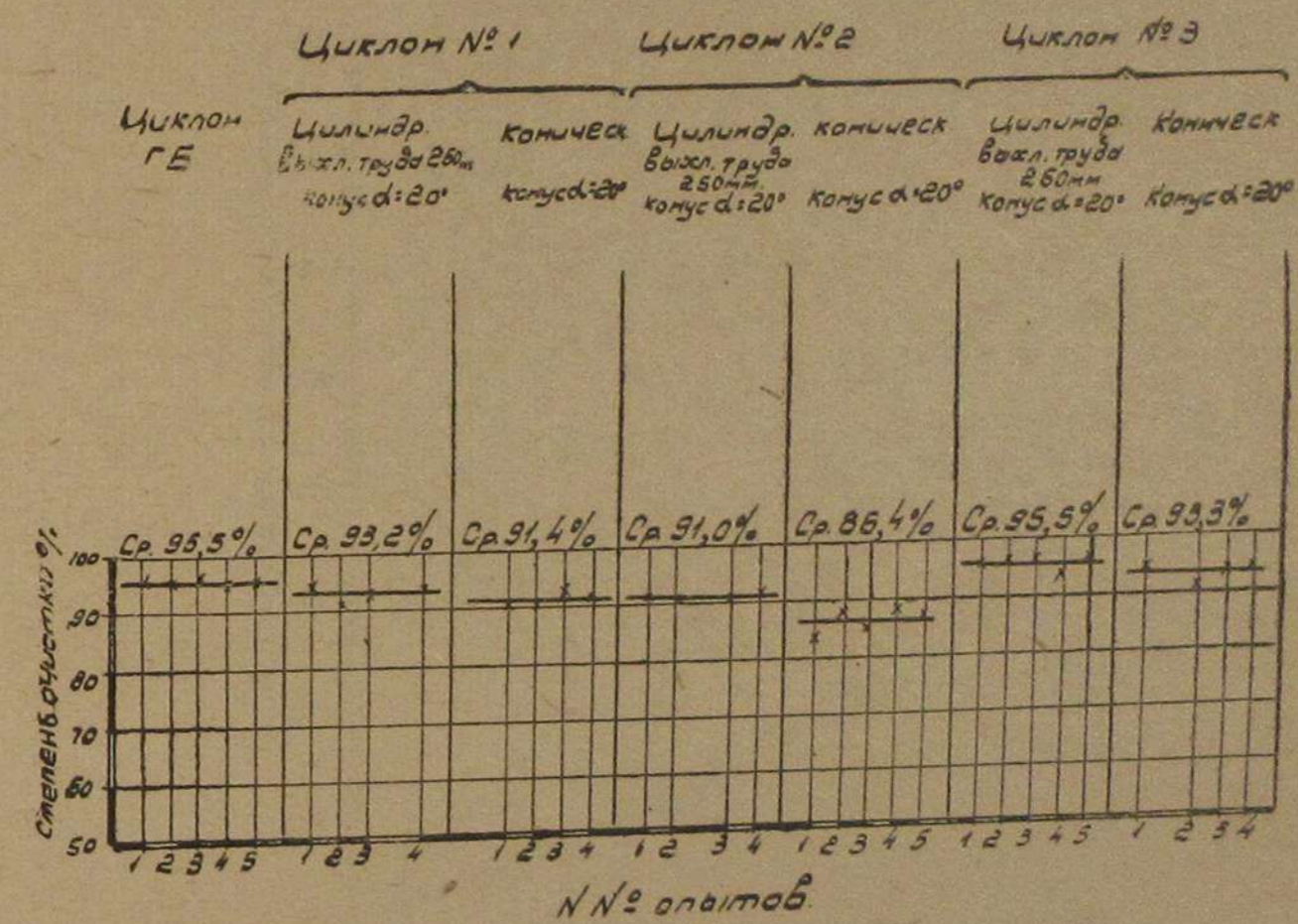
Фиг. 49

Исследование экспериментальных циклонов. Влияние диаметра весьма укороченной цилиндрической части и скорости в выхлопной трубе на степень очистки



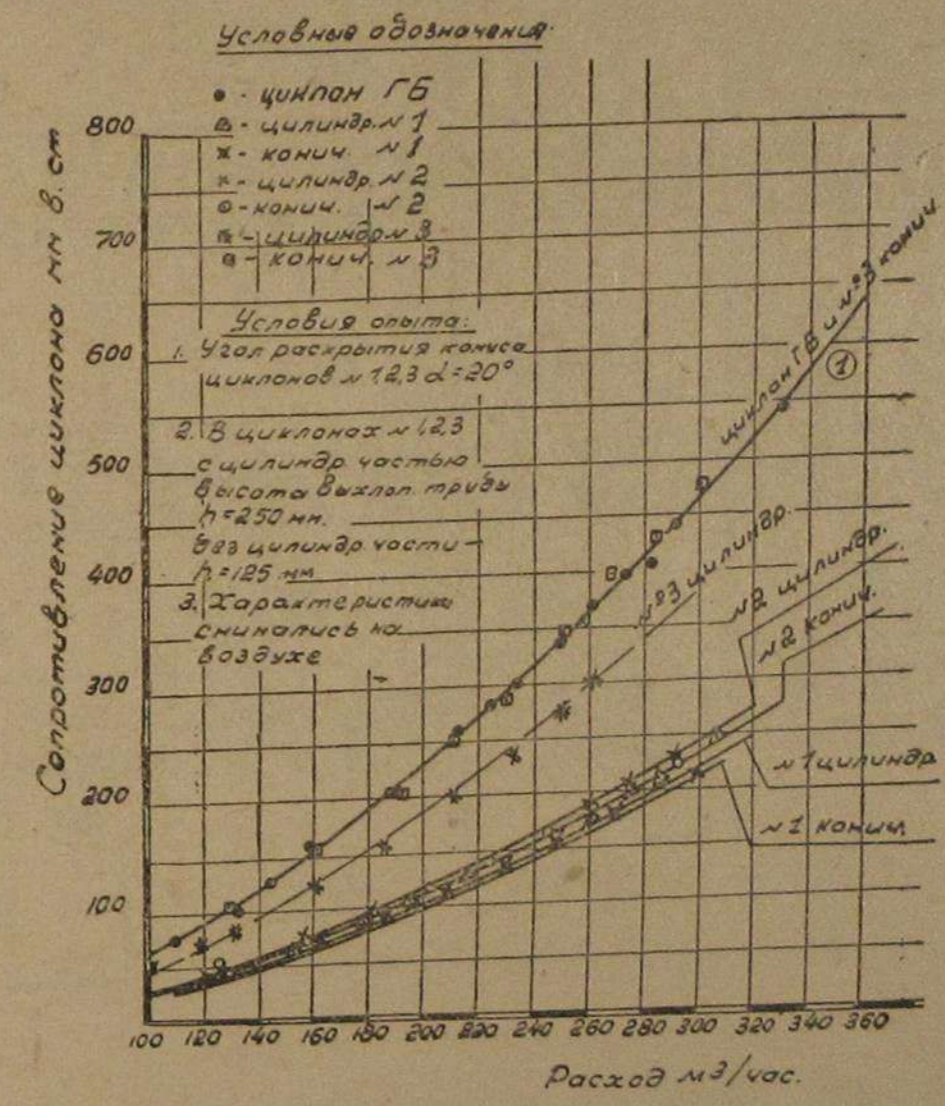
Фиг. 50

Испытание экспериментальных циклонов.
Гидравлическое сопротивление
циклонов №№ 1, 2, 3 весьма укороченной
цилиндрической частью, с конусом,
имеющим угол раскрытия $\alpha = 20^\circ$



Фиг. 51

Исследование экспериментальных циклонов.
 Степень очистки циклонов
 №№ 1, 2, 3 и циклонов БГ и ГТ



Фиг. 52
 Исследование циклонов.
 Гидравлическое сопротивление
 цилиндрических и конических
 циклонов №№ 1, 2, 3 и циклонов ГБ и ГТ

I	2	3	4	5
182,0	6,59	0,155	97,6	112,0
Циклон № 2 с цилиндрической частью, с конусом $\alpha = 20^\circ$, с выхлопной трубой высотой в 250 мм				
250,0	2,68	0,232	91,0	160,0
Циклон № 2 с весьма укороченной цилиндрической частью, с конусом $\alpha = 20^\circ$, с выхлопной трубой высотой в 125 мм				
250,0	3,12	0,426	86,4	160,0
Циклон № 3 с цилиндрической частью, с конусом $\alpha = 20^\circ$, с выхлопной трубой высотой в 150 мм				
250,0	3,82	0,169	95,5	275,0
Циклон № 3 с весьма укороченной цилиндрической частью, с конусом $\alpha = 20^\circ$, с выхлопной трубой высотой в 125 мм				
250,0	3,92	0,263	93,3	350,0

Не ограничиваясь приведенными в таблице данными, представим гидравлическое сопротивление циклонов в виде безразмерных коэффициентов так называемого местного сопротивления или в данном случае коэффициентов сопротивления циклона. Тогда потеря напора представится выражением:

$$H = \zeta \frac{v^2 \gamma}{2g} = \zeta \frac{v^2 \rho}{2},$$

где: v - скорость газа во входном патрубке циклона /м/сек./;

γ - объемный вес газа /кг/м³/;

g - ускорение земного тяготения /м/сек²/;

ρ - массовая плотность /кг сек²/м⁴/,

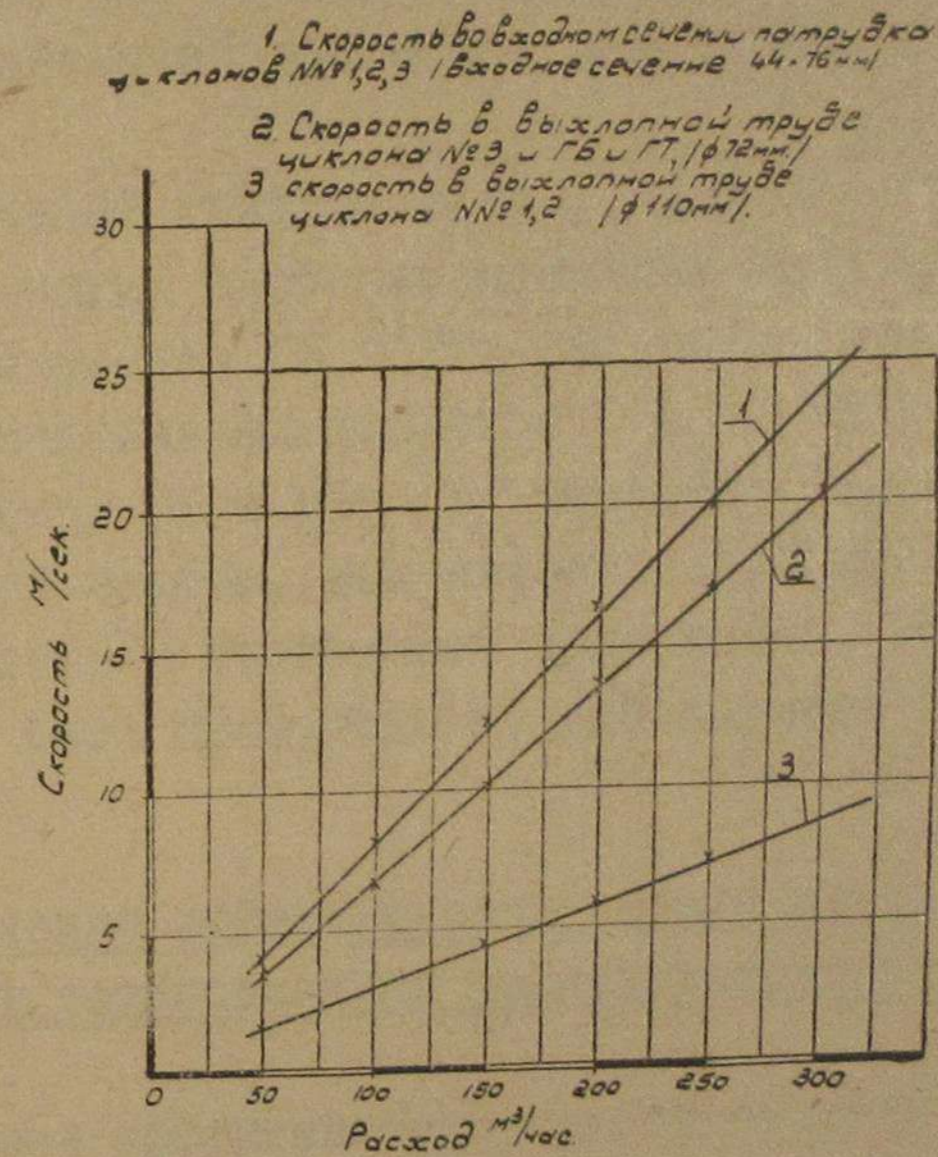
откуда коэффициент сопротивления циклона определится:

$$\zeta = \frac{2H}{v^2 \rho}.$$

Следует заметить, что найденное значение коэффициента сопротивления циклона отнесено ко входной объемной скорости газа в циклон, а имея в виду, что в циклонах БГ, ГТ и экспериментальных площадь сечения входных штуцеров одна и та же /фиг. 53/, нижеприведенные найденные значения всех упоминаемых циклонов могут явиться удобным критерием их гидравлической характеристики /см. таблицу/.

Тип циклонов	Коэффициент сопротивления
1. Циклоны БГ и ГТ	12,5
2. Экспериментальные циклоны с цилиндрической частью, с выхлопными трубами высотой в 250 мм, с конусами $\alpha = 20^\circ$	
циклон № 1	6,3
- " - № 2	6,0
- " - № 3	9,0
3. Экспериментальные циклоны /конические/ с весьма укороченной цилиндрической частью, с выхлопными трубами высотой в 125 мм, с конусами $\alpha = 20^\circ$	
циклон № 1	6,5
- " - № 2	6,3
- " - № 3	12,5

Из таблицы видно, что экспериментальные циклоны характеризуются более низкими коэффициентами сопротивления. Характерно, что сопротивление конических циклонов не на много превышает сопротивление тех же циклонов, но со вставкой цилиндрической части; это говорит о том, что потери на трение в цилиндрической части циклонов имеют ничтожное значение /что опровергает существующее мнение о значении таких потерь/.



Фиг. 53

Исследование экспериментальных циклонов. Значение объемных скоростей в трактах циклонов №№ 1, 2, 3 и циклонов ГБ (и ГТ)

При подтверждении приведенной картины сопротивлений экспериментальных циклонов можно считать, что потери на закручивание потока /являющиеся основными в циклоне/, видимо, зависят от того, что в коническом циклоне так называемый начальный участок^{х/} воздушной струи претерпевает большее изменение /в связи с тем, что начальный участок начинает закручиваться сразу в конической части/, чем в цилиндрическом циклоне.

Материалы испытаний говорят о том, что: 1/ степень очистки запроектированных экспериментальных циклонов не ниже, чем у существующих циклонов ГБ и ГТ; 2/ гидравлическое сопротивление экспериментальных циклонов № 1 и № 2 ниже, чем у существующих циклонов ГБ и ГТ; 3/ циклоны с весьма укороченной цилиндрической частью, как наиболее простые по конструктивному оформлению и показавшие достаточно высокую эффективность, должны быть проверены на действующей газогенераторной установке.

И. Определение эффективности работы двух циклонов, установленных последовательно

В целях повышения эффективности грубой очистки генераторного газа были проведены испытания двух циклонов, установленных последовательно. Два циклона, смонтированные последовательно: первый - существующий циклон ГБ и второй - экспериментальный циклон № 3 с весьма укороченной цилиндрической частью /конический/, с конусом, имеющим угол раскрытия $\alpha = 20^\circ$, были испытаны на установке искусственного запыливания.

х/Напомним, что скорости в начальном участке или ядре воздушной струи равны скорости в выходном сечении, тогда как скорости во вначале участке /за ядром сечения/ существенно снижаются /15/; следовательно, потери на местное сопротивление в начальном участке /ядре струи/ больше, чем те же потери во вначале участке.

Результаты испытаний представлены в нижеследующей таблице.

№№ ОПЫТОВ	Расход воздуха в м ³ /час.	Пылесодержание в г/м ³		Степень очистки в %	Дата
		начальное	конечное		
1.	250,0	5,38	0,164	97,0	9,10/XI-52 г.
2.	250,0	5,78	0,169	97,0	"
3.	250,0	5,65	0,133	97,5	"
4.	250,0	5,27	0,164	96,8	"

Из результатов испытаний видно, что работа последовательно установленных циклонов характеризуется самой высокой степенью очистки /97%/ и сравнительно низкой конечной концентрацией пыли. Ни один из рассмотренных выше циклонов не характеризовался приведенной в таблице конечной концентрацией при начальном пылесодержании 5 г/м³. Это позволяет рассматривать установку циклонов на последовательную работу как целесообразную, правда в том случае, если гидравлическое сопротивление не будет чрезмерно большим.

К. О дальнейшем направлении работы

I. Анализ результатов испытаний экспериментальных циклонов показал, что существующие циклоны могут быть конструктивно улучшены, при этом степень очистки не снизится, а гидравлическое сопротивление снизится существенно.

Это обстоятельство позволит в целях повышения степени очистки /снижения пылесодержания газа за циклоном/ применить для очистки многопыльных топлив последовательную установку циклонов.

Проектирование циклонов для установки их последовательно должно явиться задачей дальнейшей работы.

2. Исследования нового конусного циклона следует продолжить в направлении дальнейшего конструктивного улучшения его с целью повышения степени очистки и уменьшения гидравлического сопротивления.

ВЫВОДЫ

На основе проведенных испытаний существующих циклонов ГБ и ГТ и экспериментальных циклонов можно сделать следующие выводы:

1. Существующие циклоны ГБ и ГТ при сравнительно хорошей степени очистки /до 90%/ характеризуются высоким гидравлическим сопротивлением /250 мм вод.ст./.

2. При исследовании экспериментальных циклонов на установке искусственного запыливания был получен необходимый руководящий материал, характеризующий работу отдельных элементов циклонов, что необходимо для проектирования новых агрегатов очистки центробежного типа.

3. Новый тип циклона, разработанный лабораторией, при неснижающейся против существующих циклонов степени очистки характеризуется значительно меньшим /на 40-50%/ гидравлическим сопротивлением.

4. Меньшее гидравлическое сопротивление циклона нового типа позволило применить для грубой очистки два последовательно работающих циклона, без значительного увеличения их общего сопротивления.

Проведенная на установке искусственного запыливания экспериментальная проверка эффективности двух последовательно работающих циклонов показала высокую степень очистки /до 97%/ и сравнительно низкую конечную концентрацию пыли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рекомендовать провести полевые испытания двух последовательно работающих циклонов, изготовленных согласно схемам и параметрам, выбранным лабораторией газоочистки.

НАЧАЛЬНИК ОТДЕЛА ГАЗОГЕНЕ-
РАТОРНЫХ ТРАКТОРОВ:

И.Н. Величкин

РУКОВОДИТЕЛЬ ТЕМЫ, ЗАВ. ЛАБО-
РАТОРИЕЙ ГАЗООЧИСТКИ,

кандидат технических наук:

В.Ф. Дроздов

ИНЖЕНЕР:

М.П. Зубиетова

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- [1.] "Заключительный отчет по лабораторным испытаниям и доводке очистителей газогенераторной установки "Г-19" для трактора ХТЗ". Отчет НАТИ № 1358 1938 г.
- [2.] "Сравнительные лабораторные испытания грубых очистителей для газогенераторного трактора ЧТЗ". Отчет НАТИ № 99 1936 г.
- [3.] "Лабораторные испытания очистителей Г-1 и циклона для газогенераторной установки тракторов СТЗ-3 и сравнение их работы с ранее испытанными грубыми очистителями". Отчет НАТИ № 581 1937 г.
- [4.] "Подбор параметров циклонов". Отчет НАТИ № 1328 1940 г.
- [5.] "Усовершенствование очистителей новых моделей газогенераторных установок НАМИ-Г-78 для работы на древесных чурках" Отчет НАМИ № 1703 1949 г.
- [6.] "Усовершенствование газогенераторного автомобиля НАМИ-Г-76 для работы на древесном угле, каменноугольном полукоксе и антраците". Отчет НАМИ № 1694 1949 г.
- [7.] "Создание унифицированной системы очистки газа". Раздел 2. Отчет НАТИ № 2004. 1950 г.
- [8.] Смухнин П.Н. и Коузов П.А. "Центробежные пылеотделители-циклоны". 1935 г.
- [9.] Каменев П.Н. Дополнения к книге "Кондиционирование воздуха". Д. Мойер и Р. Фитц. 1940 г.
- [10.] Ладыженский Р.М. "Вентиляция" 1940 г.
- [11.] Батурин В.В. "Основы промышленной вентиляции". 1951 г.
- [12.] Бутаков С.Е. "Аэродинамика систем промышленной вентиляции". 1949 г.
- [13.] Максимов Г.А. "Отопление и вентиляция". Ч.П. "Вентиляция". 1949 г.
- [14.] Львович А.Е. "Пневматический транспорт на текстильных предприятиях". 1937 г.
- [15.] Абрамович Г.Н. "Теория свободной струи и ее приложения". "Труды ЦАГИ" № 293. 1936 г. и "Труды ЦАГИ" № 512. 1940 г.