Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений

СЕРИЯ 5.904 - 72.93

ЦИКЛОН С ОБРАТНЫМ КОНУСОМ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ

Выпуск 0

Указания по подбору, изготовлению, монтажу и эксплуатации

400148-01

Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений

СЕРИЯ 5.904 - 72.93

ЦИКЛОН С ОБРАТНЫМ КОНУСОМ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ

Выпуск 0

Указания по подбору, изготовлению, монтажу и эксплуатации

РАЗРАБОТАНЫ:

АО Роспромпроект

Главный инженер

С. Н. НИКИТИН

Главный инженер проекта

Э. И. ЗИСЬМАН

ЦНИИОТ

Зам. директора по научной работе

С. В. МАЛЮТИН

Старший научный сотрудник

к. т. н. В. Т. САМСОНОВ

Утверждены Главным управлением проектирования и инженерных изысканий Госстроя России.
Письмо от 10.12.93г. № 9-3-3/278.
Введены в действие АО Роспромпроект с 01.03.94г. Приказ от 15.12.93 №29

НАИМЕНОВАНИЕ	Стр.
Введение	3
Назначение и область применения	3
Технические характеристики	6
Устройство, отличительные особенности и принцип работы	6
Выбор типоразмера циклона ЦМ	II
Расчет эффективности осаждения пыли	I5
Указания по технике безопасности	20
Установка циклона с обратным конусом, универсального (вып. 2)	22
Порядок работы по монтажу и обслуживанию циклонной установки	25
Приемка и испытания	28
Состав изделия и комплект поставки	30
Примеры расчета	3I
Указания для проектировщиков	32
Приложение I	34
Приложение 2	36

I. Введение

Циклон с обратным конусом универсальный (ЦМ) разработан Московским институтом охраны труда в результате усовершенствования конструкции циклона с обратным конусом (типа ЦОК)*. При сохранении положительных качеств циклона с обратным конусом (ЦОК) значительно расширена область применения циклона ЦМ, повышена эффективность осаждения пыли (степень очистки воздуха), увеличена надежность работы в экстремальных условиях эксплуатации. Благодаря этому, циклон ЦМ может применяться в тех же случаях, что и циклоны ЦН-15, ЦН-11, СИОТ, "Клайпеда", Гипродревпрома, УЦВ и подобные им, но превосходит их по экономичности, надежности и долговечности, а в ряде случаев и по эффективности.

Основные характеристики циклона ЦМ установлены в результате стендовых испытаний, выполненных Московским институтом охраны труда. На основании результатов испытаний определены расчетные зависимости, построены номограммы и составлены вычислительные программы.

Конструкторская проработка отдельных узлов и рабочие чертежи выполнены Роспромпроектом

*А.С.148023. Циклон для очистки запыленного воздуха или газа /В.В.Кучерук, Н.И.Мосолов/ Опубл. в БИ.-1962, № 12

2. Назначение и область применения циклона ЦМ

2.1. Циклоны ЦМ предназначены для очистки газовоздушных выбросов от зернистой, волокнистой, волокнистозернистой пыли; от пылей, образующихся из легких материалов в химической промышленности и склонных к коагуляции и слипанию; от пыли и отхо-

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	5.904 - 72.93.0-ПЗ		
Разраб.		Меркулова		XI/93	Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
Пров.		Зисьман				Р	1	
Н. контр.		Зисьман				МИНСТРОЙ РОССИИ РОСПРОМПРОЕКТ Москва		
Утв.		Коваленко						

Подпись и дата | Инв.№ дубл. | Взам.инв.№ | Подпись и дата | Инв.№ подл

дов, образующихся при обработке различных искусственных материалов малой плотности (пластмассы и т.п.); от пыли, отходов и измельченных материалов легкой, пищевой и полиграфической промышленности; от пыли и отходов, образующихся при переработке сельскохозяйственной продукции, а также от тяжелых пылей, обладающих абразивными свойствами (в литейных цехах, на предприятиях строительной индустрии и т.п.). Не рекомендуется применять циклоны для осаждения налипающих на стенки воздуховодов и цементирующихся пылей.

2.2. Циклон ЦМ может применяться как в одноступенчатой установке при достаточной эффективности обеспыливания выбросов, так и в многоступенчатой в качестве первой ступени.

2.3. При выборе типоразмера циклона для конкретных условий эксплуатации следует рассчитывать эффективность обеспыливания, которую может обеспечить этот циклон в заданном режиме, и сопоставлять с необходимой степенью очистки, устанавливаемой на основании расчетов загрязнения атмосферы промышленной площадки. Поскольку обеспыливание выбросов является одним из средств достижения предельно-допустимых выбросов (ПДВ) (или временно согласованных выбросов ВСВ), необходимую эффективность обеспыливания следует устанавливать из условия обеспечения ПДВ (ВСВ).

Необходимую эффективность обеспыливания воздуха в циклоне ЦМ следует рассчитывать по формуле:

$$\eta_{нI} = (I - \frac{ПДВ}{M}) \cdot 100\% , \qquad (I)$$

где ПДВ - предельно-допустимый или временно согласованный выброс, г/с;

M - массовый расход пыли в выбросе (интенсивность источника выброса), г/с.

2.4. Если эффективность циклона недостаточна для выполнения нормативов ПДВ (ВСВ), вычисляют необходимую эффективность обеспыливания воздуха в аппарате второй ступени по формуле:

$$\eta_{H2} = \left(1 - \frac{ПДВ}{M(1-\eta_{ф1})}\right) 100\%, \qquad (2)$$

где $\eta_{ф1}$ – фактическая эффективность циклона, которую он может обеспечить в заданном режиме (в долях единицы).

Фактическая эффективность аппарата второй ступени очистки не должна быть меньше вычисленного по формуле (2) значения.

В тех случаях, когда достижение необходимой степени очистки в многоступенчатых установках оказывается технически неосуществимой или экономически нецелесообразной, следует предусматривать дополнительные меры по снижению валовых выбросов пыли. К ним относятся следующие мероприятия: - технологические (предварительное обеспыливание перерабатываемых пылящих материалов, увлажнение, совершенствование технологического оборудования и др.) и технические (увеличение эффективной высоты выброса, рациональное размещение выбросов и воздухоприемных сооружений). Необходимая эффективность дополнительных мероприятий равна

$$\eta_{н.доп.} = \left(1 - \frac{ПДВ}{M(1-\eta_{ф1})(1-\eta_{ф2})}\right) 100\%, \qquad (3)$$

где $\eta_{ф1}, \eta_{ф2}$ – фактическая эффективность обеспыливания воздуха, достигаемая в аппаратах первой и второй ступеней соответственно (в долях единицы).

3. Технические характеристики.

3.I. Допустимая запыленность воздуха, г/м^3	I00
3.2. Наибольшая допустимая температура запыленного воздуха, ^oC	I50
3.3. Наибольшее давление (разрежение), Па	2000
3.4. Потери давления, Па	500...I800
3.5. Диаметры аппарата, мм	500,600,800,I000
3.6. Расход очищаемого воздуха м^3/час	2200...I5000
3.7. Высота (соответственно), мм	3950 4740 6I30 75I0
3.8 Эффективность очистки воздуха %	98...99
3.9 Дисперсность пыли мкм	10

По степени очистки циклоны относятся к 4-му классу пылеуловителей [illegible].

4. Устройство, отличительные особенности и принцип работы циклона ЦМ.

4.I. Общий вид циклона ЦМ показан на схематическом чертеже рис.I. Циклон состоит из входного узла I, формирующего пылевоздушный поток, с входным патрубком 2 прямоугольного сечения шириной 0,26 D и высотой 0,8 D (здесь D - диаметр цилиндрической части корпуса циклона, являющийся базовым размером), корпуса, состоящего из цилиндрической 3 и расширяющейся книзу конической 4 частей, отбойного конуса 5, крепящегося посредством лапок 6 к цилиндрической части 7 бункера, в стенке которого предусмотрены люки 8, конической части 9 бункера с разгрузителем I0, выхлопной трубы II, на внешнем конце которой может крепиться раскручивающая улитка I2.

4.2. Конструкция входного узла I обеспечивает оптимальную организацию движения пыленесущего потока для достижения наилучших условий осаждения пыли на стенки циклона. При этом, созданы условия для формирования максимального градиента концентрации пыли в радиальном направлении и оптимального времени пребывания осаждаемых частиц пыли в циклоне (оптимального числа витков потока в пределах длины корпуса циклона). Увеличено до максимально возможного расстояние между пыленесущим слоем потока и поверхностью центрального восходящего вихря. С этой целью входной патрубок выполнен узким и присоединен к корпусу тангенциально, причем расстояние между вертикальными осевыми линиями

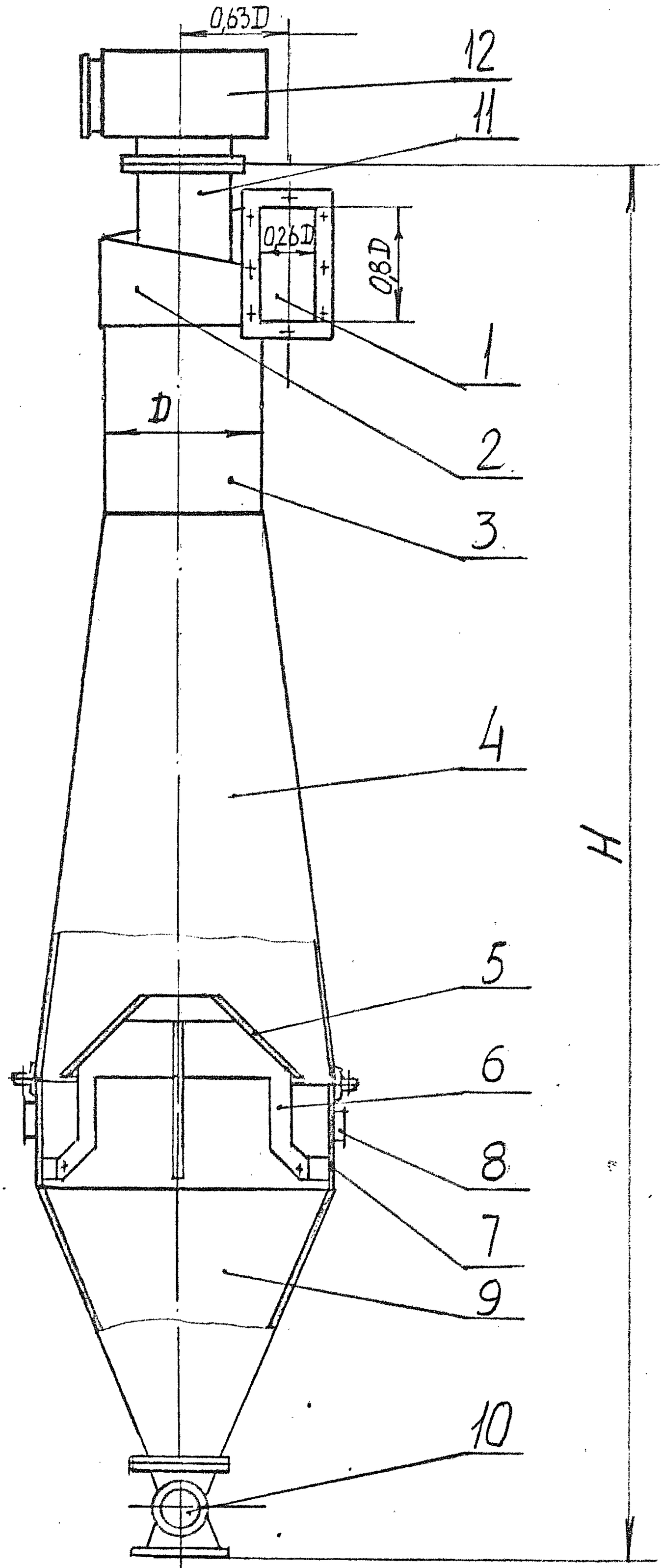

Рис. 1

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

5.904-72.93.0-ПЗ

Лист 5

Инв.№ подл | Подпись и дата | Взам.инв.№ | Инв.№ дубл. | Подпись и дата

входного сечения и корпуса циклона равно 0,63 D, благодаря чему пыленасыщенный воздушный поток движется широким тонким слоем, а не узкой лентой, что улучшает условия пылеосаждения.

Внешняя вертикальная стенка патрубка изогнута по форме сходящейся спирали и при повороте потока на 180° сопрягается с образующей цилиндрической части корпуса. Внутренняя вертикальная стенка входного патрубка параллельна внешней, а верхняя стенка наклонена под некоторым углом так, что при повороте потока на 180° заканчивается на уровне половины высоты входного сечения. Нижняя стенка патрубка горизонтальна. Благодаря такой конструкции входного узла устранено вихреобразование, возникающее вследствие отрыва потока от горизонтальной верхней крышки входного патрубка, наблюдающееся в циклоне с обратным конусом типа "Цок". Воздушный поток движется широким тонким слоем, распределенным почти по всей внутренней поверхности корпуса, что улучшает условия пылеосаждения и снижает абразивный износ. Пыленесущий слой воздушного потока отдален от границ ядра восходящего вихря и по мере продвижения к пылевыпускному отверстию все более отдаляется от него, что существенно уменьшает возможность вторичного уноса пыли. Горизонтальная нижняя стенка входного патрубка препятствует быстрому продвижению потока вниз и тем самым способствует увеличению времени пребывания частиц пыли в циклоне, то есть в конечном счете к увеличению эффективности осаждения пыли.

4.3. При работе циклона с обратным конусом типа "ЦОК" в его бункере возникает вихрь вследствие проникновения части вращающегося воздушного потока через кольцеобразный зазор и удаления его через отверстие в вершине отбойного конуса 5. Этот вихревой поток при определенных условиях может захватывать некоторую часть осажденной пыли и выносить в выхлопную трубу II.

С целью исключения этого явления в отбойном конусе циклона ЦМ предусмотрена крестообразная вставка, высота которой равна половине высоты отбойного конуса. Вставка препятствует возникновению вихря, вследствие чего вынос пыли из бункера исключен.

4.4. Крепление отбойного конуса к корпусу циклона посредством коротких лапок, частично перекрывающих пылевыпускное отверстие, допустимо при осаждении только зернистых пылей. Осаждение волокнистых пылей, склонных к образованию хлопьев и клубков, а также различных лентообразных отходов при указанном способе крепления отбойного конуса сопровождается возникновением пробок, закупоривающих пылевыпускное отверстие.

В циклоне ЦМ крепление отбойного конуса осуществлено с помощью удлиненных лапок 6 к стенкам цилиндрической части 7 бункера благодаря чему пылевыпускное отверстие между стенкой корпуса и основанием отбойного конуса остается свободным. Кроме того крепление лапок к кронштейнам выполнено с небольшим люфтом, что приводит к незначительной вибрации отбойного конуса от действия восходящего воздушного потока и, как следствие этого, механическому встряхиванию образующихся клубков и пробок.

4.5. С целью исключения разрушения слоя осевшей пыли, продвигающейся через пылевыпускной зазор, и повторного диспергирования (дробления) диаметр бункера предусмотрен равным диаметру корпуса циклона в месте их соединения. При невыполнении этого условия эффективность очистки снижается.

4.6. Циклон ЦМ слабо подвержен абразивному износу. Вследствие того, что скорости воздушного потока во входном патрубке и, в особенности, в нижней части корпуса циклона

невелики, истирания стенок не происходит даже при осаждении высокоабразивных пылей. По мере продвижения вниз скорость воздушного потока не возрастает, как например, в циклонах типа ЦН, а значительно снижается. Вследствие этих особенностей циклон ЦМ может служить в пять и более раз дольше, чем циклоны с суживающимися книзу корпусами.

4.7. Подсосы воздуха через неплотности в бункере до 15% производительности циклона не сказываются на снижении эффективности осаждения пыли, что является важным эксплуатационным достоинством циклона ЦМ.

Объясняется это тем, что поток воздуха, проникающего через неплотности в бункере, проходит в циклон через центральное отверстие в отбойном конусе, не препятствуя движению пыли в бункер.

Кроме того, наличие неплотностей в бункере циклона ЦМ в допустимых пределах не вызывает возникновения больших (более 15%) подсосов, так как разрежение в бункере обычно невелико.

4.8. В циклоне ЦМ в отличие от циклонов других типов отсутствуют жесткие ограничения области применения, обусловленные какими-либо свойствами частиц пыли: формой, размерами, плотностью и т.п., что наделяет его свойством универсальности. Эта особенность объясняется тем, что центральный вихрь опирается не на стенки корпуса, а на поверхность отбойного конуса, поэтому не препятствует продвижению вниз пылевого слоя, состоящего из частиц любой формы и плотности. Зависание осажденных частиц вблизи пылевыпускного зазора исключено благодаря отрицательному углу наклона стенок корпуса. Поскольку скорость внешнего вращающегося потока в циклоне ЦМ при его движении вниз уменьшается, отрыв осевших частиц от стенок корпуса и вынос их в выхлопную трубу исключен.

Благодаря такой организации воздушных потоков в циклоне ЦМ отсутствует критическое значение расчетной скорости воздуха, сверх которой эффективность осаждения пыли в циклонах других типов начинает снижаться.

4.9. Вывод очищенного воздуха осуществляется вертикально вверх через выхлопную трубу II, оканчивающуюся фланцем. Для отвода очищенного воздуха горизонтально в сторону рекомендуется на выхлопную трубу установить специальную раскручивающую улитку I2.

4.I0. В качестве таковой следует, например, использовать улитки, разработанные в серии 5.904-26 вып.4. Имеются правые (УП) и левые (УЛ) их исполнения. Для циклонов ЦМ следует применять:

для ЦМ 500У - УПI или УЛI

ЦМ 600У - УПI-0I или УЛI-0I

ЦМ 800У - УПI-02 или УЛI-02

ЦМ I000У - УПI-03 или УЛI-03

Улитки допускается приварить или прикрепить к фланцу выхлопного патрубка болтами через переходную деталь.

4.II. В процессе длительной эксплуатации циклона ЦМ возможно оседание на удлиненных лапках отбойного конуса хлопьев и переплетений волокнистой пыли или мелких производственных отходов. Всвязи с этим необходимо осуществлять периодическую чистку лапок через люки 8, предусмотренные в бункере.

5. Выбор типоразмера циклона ЦМ.

5.I. В настоящем альбоме рабочих чертежей приведены четыре размера циклона ЦМ, принятые в соответствии с ГОСТ96I7-76,

диаметром цилиндрической части корпуса 0,5м; 0,6м; 0,8м; I,0м. Расход очищаемого воздуха при одиночной установке циклона ЦМ находится в пределах 2200-I5000 $м^3/ч$.

В связи с тем, что эффективность обеспыливания воздуха с увеличением диаметра циклона ЦМ уменьшается, а приведенные затраты возрастают, применять циклоны диаметром больше Iм нецелесообразно за исключением тех случаев, когда циклон используется в качестве разгрузителя и служит для предварительного обеспыливания воздуха в системах аспирационного пневмотранспорта.

5.2. Каждый типоразмер циклона ЦМ может использоваться в определенных пределах расхода (L) обеспылеваемого воздуха:

D = 0,5м L = 2200-3500 $м^3/ч$;
D = 0,6м L = 3200-6000 $м^3/ч$;
D = 0,8м L = 6000-9000 $м^3/ч$;
D = I,0м L = 9000-I5000 $м^3/ч$.

В циклоне конкретных размеров существует режим (скорость, температура и плотность газовоздушного потока), при котором приведенные затраты на обеспыливание являются наименьшими. В связи с этим целесообразно после предварительного выбора диаметра циклона определить оптимальные значения скорости и расхода обеспыливаемого воздуха. Если заданный расход значительно отличается от оптимального значения, следует принять ближайший соседний диаметр циклона и повторить определение оптимального расхода воздуха. Если и в этом случае расхождение между заданным и оптимальным расходом окажется большим, целесообразно рассмотреть возможность снижения заданного расхода воздуха или применения группы циклонов ЦМ меньшего диаметра.

5.3. С изменением приведенных затрат на обеспыливание воздуха, в частности с изменением цены на электроэнергию

оптимальный расход воздуха также изменяется, что необходимо учитывать при проектировании и эксплуатации циклона ЦМ.

5.4. Оптимальным является режим, соответствующий наименьшему значению критерия оптимальности, являющегося отношением приведенных затрат к условной эффективности обеспыливания воздуха

$$\frac{П}{E_{\eta}} = \left(\frac{Э + K Z_н}{E_{\eta}} \right)_{min} , \qquad (4)$$

где П – приведенные затраты на обеспыливание выбросов;

Э – текущие эксплуатационные расходы;

К – суммарные капвложения;

$Z_н$ – нормативный коэффициент эффективности капвложений, 1/год ;

E_{η} – условная эффективность осаждения пыли, %.

Приведенные затраты равны:

$$П = [66,2(См + Си) + 0,588Сп + 226СэЦ^3] Д^2 + [88,2(См + Си) + 143СэЦ^3] Д^3, \qquad (5)$$

где, См – стоимость металла, руб/кг;

$С_и$ – стоимость изготовления циклона, руб/кг;

Сп – стоимость производственной площади, руб/м^2;

Сэ – стоимость электроэнергии, руб/квт.ч;

Ц – скорость воздуха, отнесенная к площади сечения цилиндрической части циклона, м/с;

Д – диаметр цилиндрической части корпуса циклона, м.

В формуле (4) значение $Z_н$ принято равным 0,12 1/год.

Условная эффективность есть эффективность осаждения пыли, состоящей из частиц пыли размером 1 мкм. Для циклона ЦМ она вычисляется по формуле

$$E = \Phi o\left(\frac{\lg\sqrt{St_к} + 0,98}{\sqrt{0,025\lg Re - 0,04}}\right), \qquad (6)$$

где, Фо – знак интеграла Гаусса;

$St_к$ – критерий Стокса, равный

$$St_к = \frac{\rho U_o R_o^2}{\mu D},$$

ρ – плотность материала частиц пыли (равная 1000кг/м^3 в тех случаях, когда крупность частиц характеризуется аэродинамическими диаметрами), кг/м^3;

U_o – скорость воздушного потока, определяемая путем деления расхода очищаемого воздуха на площадь сечения цилиндрической части корпуса циклона, м/с;

R_o – медианный аэродинамический диаметр частиц, равный 10^{-6}м;

μ – динамическая вязкость воздуха, кг/м с;

Re – критерий Рейнольдса, равный

$$Re = \frac{U_o D}{\nu};$$

ν – кинематическая вязкость воздуха, м^2/с;

5.5. Для вычисления оптимальных значений расхода и скорости обеспыливаемого воздуха предназначена вычислительная программа для персонального компьютера, приведенная в приложении I.

5.6. Гидравлическое сопротивление циклона ЦМ следует вычислять по соотношению:

$$\Delta P = (44+3D)\, U_o^2\, \rho_в \quad Па, \qquad (7)$$

где, $\rho_в$ – плотность обеспыливаемого воздуха, кг/м^3;

D – диаметр циклона, м.

6. Расчет эффективности осаждения пыли в циклоне ЦМ

6.I. Для вычисления эффективности обеспыливания воздуха в циклоне ЦМ необходимо задать дисперсный состав (распределение частиц по аэродинамическим диаметрам) осаждаемой пыли, расход и температуру очищаемого воздуха, диаметр циклона.

Примечание. Аэродинамический диметр есть диаметр условной шарообразной частицы плотностью I000 кг/м^3, скорость седиментации*) которой равна скорости седиментации реальной частицы пыли.

6.2. Дисперсный состав производственных пылей и аэрозолей описывается функцией логарифмически-нормального распределения и характеризуется двумя параметрами: медианным аэродинамическим диаметром Ro и стандартным отклонением $\lg \sigma_R$ (или параметром σ_R). Непосредственное экспериментальное определение этих параметров в производственных условиях возможно с помощью разработанного в Московском институте охраны труда каскадного сепаратора**), позволяющего одновременно определять концентрацию пыли.

Если дисперсный состав пыли определен другим прибором (импактором, ротационным анализатором дисперсности РАД), параметры Ro и σ_R могут быть определены графическим путем. Для этого необходимо нанести кривую дисперсного состава на функциональную сетку, приведенную на рис.2. График правильно определенного дисперсного состава пыли изображается прямой линией.

---

* свободное падение

** А.с. I770833. Устройство для определения дисперсного состава пыли. В.Т.Самсонов Опубл. в БИ № 35, I992.

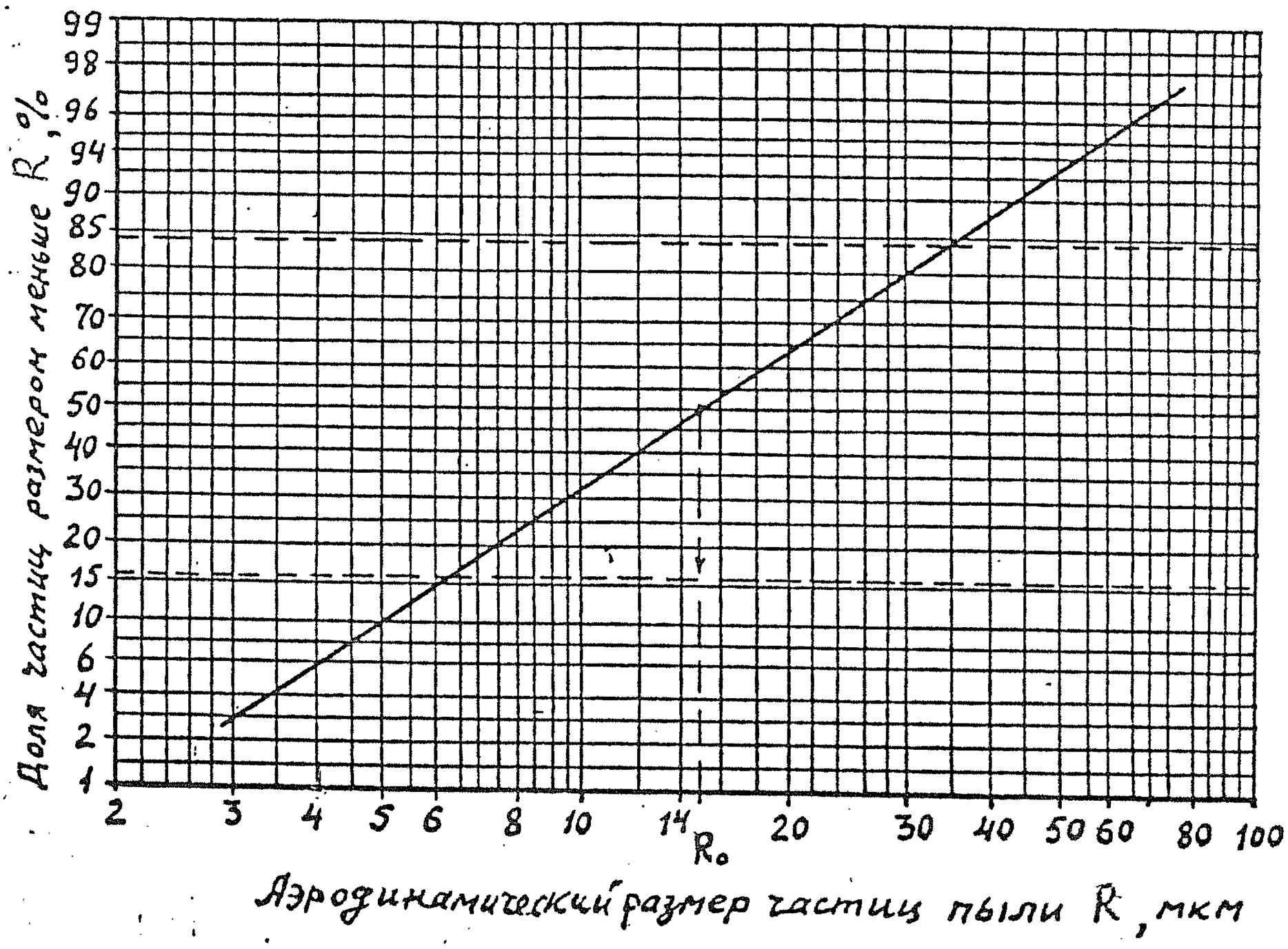
Доля частиц размером меньше R, %
99
98
96
94
90
85
80
70
60
50
40
30
20
15
10
6
4
2
1
2
3
4
5
6
8
10
14
20
30
40
50
60
80
100
R₀
Аэродинамический размер частиц пыли R, мкм

Рис. 2

Медианный аэродинамический диаметр частиц Ro соответствует пересечению экспериментального графика дисперсного состава пыли с ординатой 50%, а параметр σ_R равен отношению Ro к диаметру, соответствующему содержанию частиц пыли 15,83%.

6.3. Эффективность осаждения пыли в циклоне ЦМ следует вычислять по формуле

$$\eta_o = \Phi\left(\frac{\lg\sqrt{5t_к} + 0,98}{\sqrt{\lg^2\sigma_R + 0,025\lg Re - 0,04}}\right)\cdot 100\%, \qquad (8)$$

где η_o – эффективность процесса осаждения пыли, %;

$\lg^2\sigma_R$ – дисперсия распределения аэродинамических диаметров частиц пыли.

Если температура и давление поступающего в циклон воздуха близки к нормальным (20°С и 10000 Па), расчет эффективности может быть выполнен по упрощенной формуле

$$\eta_o = \Phi\left(\frac{\lg\sqrt{R_o^2\, u_o/Д} - 1,15}{\sqrt{\lg^2\sigma_R + 0,025\lg(u_o Д) + 0,0806}}\right)\cdot 100\% \qquad (9)$$

Здесь размер частиц Ro принят в микронах, размерности остальных величин оставлены без изменений.

6.4. Расчеты эффективности осаждения пыли в циклоне ЦМ могут быть выполнены на персональных ЭВМ по вычислительной программе, приведенной в приложении 2.

6.5. При отсутствии вычислительной техники гидравлическое сопротивление и эффективность осаждения пыли в циклоне ЦМ могут быть приближенно определены с помощью номограмм, приведенных на рис.3,4.

По заданному расходу обеспыливаемого воздуха по номограмме рис.3 определяют диаметр циклона и гидравлическое

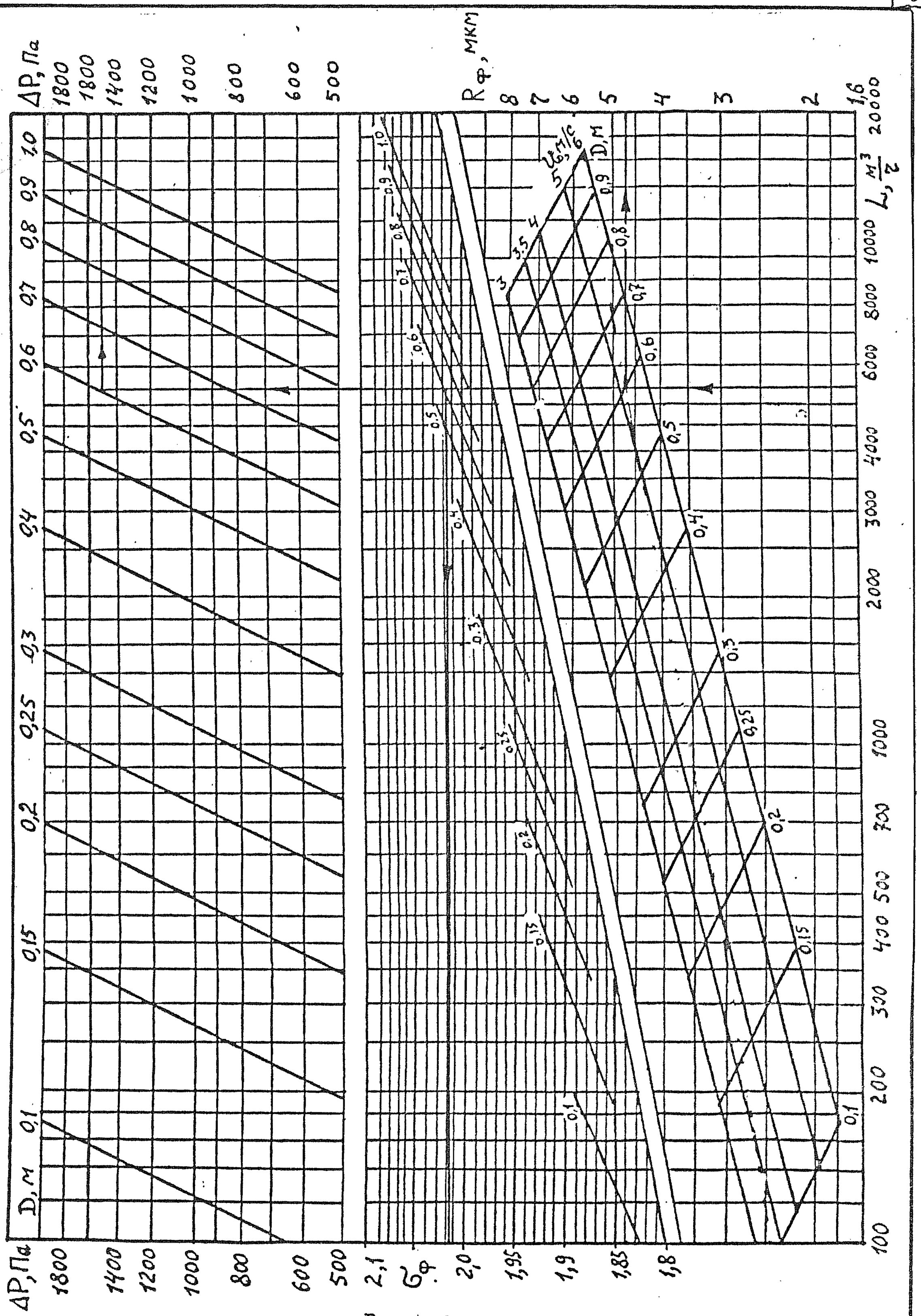

Рис. 3,

Взам.инв.№	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Инв.№подл.	Подпись и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

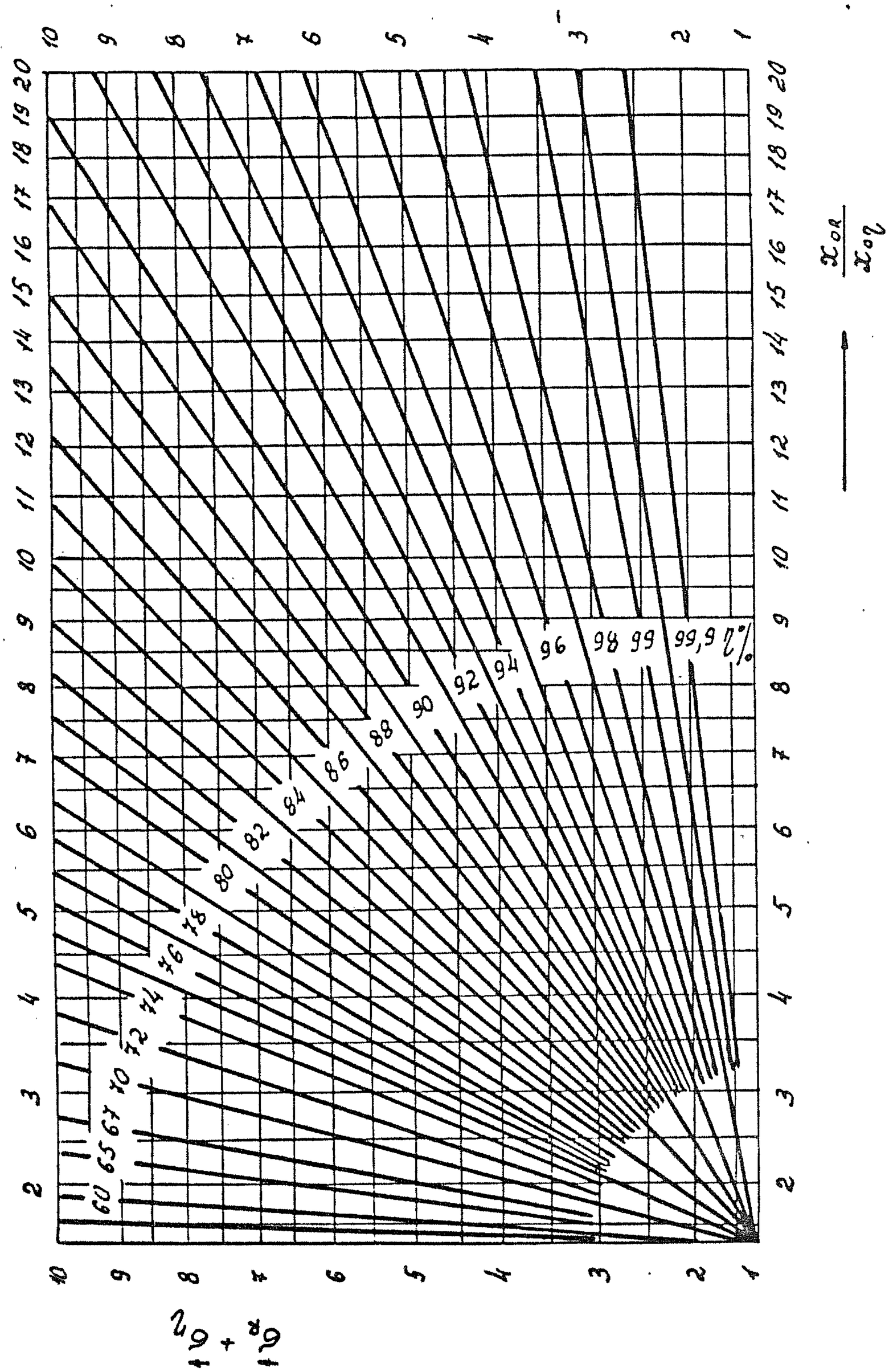

Рис 4

Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подпись и дата

Инв.№ подл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

сопротивление. Для определения эффективности осаждения пыли по той же номограмме необходимо предварительно определить граничный размер частиц Rф , вероятность осаждения которых в заданном режиме равна 50%, и параметр $\sigma_ф$, характеризующий аналогично параметру σ_R наклон кривой фракционных эффективностей циклона. Затем надо найти отношение Ro/Rф и выполнить геометрическое сложение параметров $\vec{\sigma}_R$ и $\vec{\sigma}_ф$. Для сложения $\vec{\sigma}_R$ и $\vec{\sigma}_ф$ необходимо измерить на оси ординат номограммы рис.3 отрезок $\vec{\sigma}_R$ (или $\vec{\sigma}_ф$) и отложить его вверх от значения $\vec{\sigma}_ф$ (или σ_R). Из полученной точки надо провести горизонтальную линию до пересечения с вертикальной линией, проходящей через точку Ro/Rф и на луче прочитать значение эффективности осаждения пыли.

7. Указания по технике безопасности

7.I. К обслуживанию циклонной установки допускаются только лица, изучившие устройство циклона, настоящую инструкцию и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

7.2. Необходимо соблюдать общепринятые правила техники безопасности:

- при проведении любого вида обслуживания установки необходимо обеспечивать надежное освещение постоянным или переменным источником тока с напряжением 36 вольт;
- все ремонтные работы следует производить исправным инструментом;
- для обслуживания циклонов на высоте более I,8м и доступа к люкам, шиберам и прочим устройствам и арматуре необходимо предусмотреть стационарные лестницы и площадки с ограждениями. Ширина лестниц должна быть не менее 0,7м, уклон ее не более 45°, шаг ступеней не более 25 см.

Для доступа к редкообслуживаемому оборудованию на высоте не более 3м допускается установка лестниц с уклоном 60^{0}, в некоторых случаях разрешается использование стремянок;

- следить, чтобы металлоконструкция была надежно заземлена.

7.3. При эксплуатации циклонов должны приниматься меры безопасности против ожогов о горячие поверхности аппаратов или горячей пылью, золой и газами, против отравления токсичными газами.

Для предотвращения ожогов поверхность циклонов должна быть изолирована. Наибольшая допустимая температура на поверхности изоляции не должна быть выше $+45^{0}$С.

7.4. За состоянием аппаратов и воздуховодов, работающих в условиях, вызывающих коррозию, должен быть установлен специальный надзор путем периодического осмотра, а во время ремонта аппарата - определение толщины его стенок. Результаты осмотра должны быть занесены в паспорт циклона.

7.5. При осмотре, очистке или ремонте циклона должен быть отключен электродвигатель вентилятора.

На пусковых устройствах или рукоятках рубильников вывешивается плакат "Не включать. Работают люди".

7.6. С рабочими, занятыми ремонтными работами внутри аппарата, необходимо предварительно провести инструктаж по технике безопасности. Лица, не прошедшие его, к обслуживанию установок и ремонтным работам не допускаются.

7.7. При работе в атмосфере токсичного газа или пылей рабочие должны иметь средства индивидуальной защиты (противогазы, изолирующие приборы и т.п.).

7.8. При работе внутри аппаратов применяются взрывозащищенные светильники. Применение переносных электрических светильников с напряжением выше 12В - воспрещается.

7.9. Ремонтные работы с применением открытого огня в пожароопасных производствах должны проводиться в соответствии с "Типовыми положениями по организации огневых работ в пожаро-взрывоопасных производствах химической и металлургической промышленности" и "Инструкцией о мерах пожарной безопасности при проведении огневых работ на промышленных предприятиях и других объектах народного хозяйства".

7.10. Помимо изложенного, должны применяться меры безопасности, предусмотренные инструкциями, действующими на предприятии, эксплуатирующем циклоны.

8. Установка циклона с обратным конусом, универсального (выпуск 2)

8.1. Выбор варианта компановки установки циклона зависит как от конструктивных требований, так и от величины предельно-допустимой концентрации пыли в воздухе, выбрасываемого в атмосферу (ПДК).

Установки с бункером и шлюзовым питателем обладают высокой степенью очистки (до 96-98%), вариант установки циклона на пылесборнике следует применять только для тяжелых пылей невысокой дисперсности, так как конструктивно она не может обеспечить высокую степень очистки воздуха от пыли.

8.2. В серии разработано 8 типоразмеров циклонных установок, отличающиеся размерами (диаметром) циклонов и конструктивным исполнением опор для их установки.

8.3. Технические характеристики циклонных установок сведены в таблицы.

8.3.I. Установка циклона на пылесборнике.

Марка	Обозначение чертежа	Диаметр циклона, мм	Высота, мм	Габариты в плане, мм	Масса, кг
Я-ЦМ 500 У	ЦМ 20.00	500	3580	I200xI280	300
Я-ЦМ 600 У	ЦМ 20.00-0I	600	4I70		325

Емкость ящика для сбора пыли - 0,5 $м^3$

8.3.2. Установка циклона на кронштейне (у стены)

Марка	Обозначение чертежа	Диаметр циклона мм	Высота, мм	Габариты в плане, мм	Масса, кг
К-ЦМ 500 У	ЦМ 30.00	500	4I85	960xII00	I86
К-ЦМ 600 У	ЦМ 30.00-0I	600	4920	II30xI280	229

	К-ЦМ 500 У	К-ЦМ 600 У
Объем бункера установки	0,I7 $м^3$	0,29 $м^3$
Вылет оси циклона от стены (консоль)	650 мм	750 мм

При расчете нагрузки на стену, к которой прикреплен кронштейн с циклоном, учесть массу уловленной пыли, находящейся в бункере.

8.3.3. Установка циклона на полу (на постаменте)

Марка	Обозначение чертежа	Расстоян. затвора от пола	Диаметр циклона мм	Высота мм	Габариты в плане, мм	Масса, кг
П-ЦМ 500У	ЦМ 40.00	755	500	4550	960x960	295
П-ЦМ 600У	ЦМ 40.00-0I	800	600	5320	II30xII30	350
П-ЦМ 800У	ЦМ 40.00-02	900	800	6880	I460xI460	540
П-ЦМI000У	ЦМ 40.00-03	I000	I000	8450	I780xI780	725

Объем бункера установки	П-ЦМ 500 У	-	0,17 $м^3$
	П-ЦМ 600 У	-	0,29 $м^3$
	П-ЦМ 800 У	-	0,5 $м^3$
	П-ЦМ 1000 У	-	0,9 $м^3$

8.4. Описание конструкции циклонных установок

8.4.1. Установка циклона на пылесборнике (ЦМ20.00)

Установка состоит из циклона и пылесборника, внутри которого расположен выдвижной ящик для сбора пыли.

Ящик вручную выкатывается из-под циклона с уловленной пылью и после её удаления возвращается назад в пылесборник. Последний представляет собой сварной прямоугольный короб, на верхней крышке которого предусмотрен круглый фланец для крепления циклона.

В основании пылесборника проложены два швеллера, которые служат направляющими для колес выдвижного ящика.

В передней стенке пылесборника имеется прямоугольный проём, обрамленный фланцем с клиновыми эксцентриковыми зажимами.

Выдвижной ящик в рабочем положении перекрывает по периметру проём пылесборника, обеспечивая герметизацию внутренней емкости пылесборника. Силовое замыкание их осуществляется 4-я клиновыми эксцентриновыми зажимами, стык уплотняется резиновой прокладкой.

8.4.2. Установка циклона на кронштейне(ЦМ30.00)

Установка состоит из циклона, кронштейна и пылеприёмного бункера. Кронштейн представляет собой рамную конструкцию, сваренную из уголкового проката. К закладным элементам строительных конструкций кронштейн приваривается вертикальной опорной поверхностью. Горизонтальная плоскость служит опорной поверхностью для консольного крепления пылеприемного бункера со шлюзовым питателем.

Сверху на бункер устанавливается и крепится болтами сам циклон. Стык уплотняется резиновыми прокладками.

Условленная пыль собирается в бункере и через шлюзовой питатель периодически перегружается в промежуточную ёмкость (мешок или иную тару) и транспортируется в отвалы или на вторичную переработку.

8.4.3. Установка циклона на полу (ЦМ 40.00)

Данный вариант установки циклона является наиболее оптимальным по степени очистки, простоте монтажа и обслуживания.

Установка состоит из циклона,стойки (постамента) и пылеприемного бункера.

Постамент представляет собой рамную, четырёхопорную конструкцию, устанавливаемую на фундаменте.

На верхнюю опорную поверхность устанавливается и крепится пылеприёмный бункер со шлюзовым питателем.

Сверху на бункер устанавливается и крепится болтами сам циклон, стыки уплотняются резиновыми прокладками.

Уловленная пыль собирается в бункере и через шлюзовой питатель перегружается в промежуточную емкость (мешок или иную тару и транспортируется в отвалы или на вторичную переработку.

9. Порядок работы по монтажу и обслуживанию циклонной установки

9.I. При монтаже циклонной установки и при её обслуживании необходимо уделять особое внимание как герметичности системы подводящих воздуховодов, которые следует выполнять сварными, на бандажах, так и качеству внутренних поверхностей, соприкасающихся с очищаемым воздухом. Наличие неплотностей в сварных швах и соединениях, особенно при установке циклона под разрежением, снижает эффективность улавливания пыли, так как нарушает

аэродинамический режим работы, а наличие выступов или острых кромок на внутренних поверхностях циклона приводит к возникновению в этих местах срывов воздушного потока; к такому же отрицательному эффекту приводят вмятины, заусенцы, наплывы от сварки, швы которой должны быть тщательно зачищены.

9.2. Пылевыгрузочные устройства также должны быть герметичными, в качестве которых рекомендуется, кроме указанного выше, применять питатели шлюзовые ШI-I5, Ш2-I5, ШI-20, Ш2-20 ТУ26-0I-640-77 с ручным (Р), пневматическим (П) и электромеханическим (Э) приводом исполнительного механизма (изготовитель Дмитровградский завод химического машиностроения), а также"мигалки" с конусным клапаном Ду I00, I50 и 200мм ОСТ I08.I32.0I-80 (изготовитель Сызранский турбостроительный завод), которые пригодны только для непожароопасных пылей.

9.3. Циклоны предпочтительно устанавливать перед вентилятором, а не за ним, так как при этом улучшаются условия работы вентиляторов, особенно на абразивных пылях, при сохранении эффективности работы самого циклона. При этом нижнюю часть циклона (обратный конус) следует бронировать корундцементом или гуммировать.

9.4. Необходимо своевременно по мере заполнения бункера на 70-80% освобождать его от скопившейся пыли. При несвоевременной выгрузке уловленной пыли происходит переполнение бункера, и вынос ее обратно в циклон, либо даже забивание пылью.

9.5. При выборе допустимой запыленности воздуха рекомендуется учитывать склонность пыли к налипанию на стенки циклона, зависящую от физико-химических свойств и дисперсного состава пыли, влажности воздуха и состояния внутренних поверхностей стенок.

В качестве общего правила следует иметь в виду, что чем тоньше пыль, тем она легче прилипает.

9.6. На эффективность работы циклонов существенное влияние оказывает режим работы аппарата. Для обеспечения наиболее высоких коэффициентов очистки воздуха режим работы циклонов должен быть стабильным, изменение в расходе воздуха не должно превышать I0-I2%.

9.7. Характерным нарушением нормальной работы циклонных установок являются налипание пыли и истирание стенок циклонов абразивными фракциями пыли.

С увеличением диаметра циклона и понижением скорости воздушного потока на входе, истирание стенок и налипание пыли уменьшается.

9.8. Эксплуатация и обслуживание циклонной установки.

9.8.I. При эксплуатации циклоны должны подвергаться систематическим техническим осмотрам.

9.8.2. Два раза в год, приурочивая к остановке основного оборудования, следует производить тщательный наружный и внутренний осмотр циклонов. Если в работе циклонов не обнаруживаются неисправности, полный технический осмотр может производиться и более редко.

9.8.3. В случае необходимости производится удаление пыли, замена изношенных деталей, заварка неплотностей.

9.8.4. Количество воздуха, поступающего в установку, должно находиться в пределах, предусмотренных техническими характеристиками данного аппарата.

9.8.5. При уменьшении количества воздуха снижается скорость его движения в циклоне, что приводит к снижению коэффициента очистки.

9.8.6. При значительном увеличении количества воздуха возрастает гидравлическое сопротивление установки, при этом также может уменьшиться коэффициент очистки.

9.8.7. В работающей установке гидравлическое сопротивление не должно отличаться более чем на 10-15% от номинала.

10. Приемка и испытания циклона ЦМ

10.1. Каждый изготовленный и смонтированный циклон ЦМ подвергается приемо-сдаточным испытаниям с целью проверки соответствия изделия требованиям технических условий, рабочих чертежей и проекта.

Приемо-сдаточные испытания должны состоять из проверки:

- качества изготовления и монтажа;
- производительности по очищаемому воздуху и гидравлического сопротивления;
- работоспособности всех узлов в течение не менее 8 часов.

10.2. Проверку качества изготовления и монтажа циклона следует выполнять визуально, обращая внимание на состояние антикоррозионных покрытий, на надежность затворов и люков, качество выполнения сварных швов и соединений. Толщина металла должна быть не менее определяемой по формуле

$$\delta = 3 + 0{,}25Д,$$

где, δ - толщина листового металла, мм;

Д - диаметр циклона, м.

10.3. В период пуско-наладочных работ и периодически в процессе эксплуатации циклона следует проводить определение расхода и температуры обеспыливаемого воздуха, массовой концентрации пыли, статического и динамического давления до и после циклона, а также влажности воздуха и дисперсного состава пыли (по аэродинамическим диаметрам) на входе в циклон.

10.4. Измерение расхода газа следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 17.2.4.06-90 "Охрана природы. Атмосфера. Методы определения скорости и расхода газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения".

10.5. Проверку наличия неплотностей следует выполнять путем измерения расхода воздуха до и после циклона. Негерметичность вычисляется по формуле

$$N = \frac{L_2 - L_1}{L_1} \cdot 100\%,$$

где, N - доля подсосов или утечек воздуха, %;

$L_1; L_2$ - расход воздуха до и после циклона, $м^3/ч$.

10.6. Измерение давления и температуры следует выполнять в соответствии с ГОСТ 17.2.4.07-90 "Охрана природы. Атмосфера. Методы определения давления и температуры газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения".

10.7. Гидравлическое сопротивление $\Delta P_ф$ циклона следует вычислять по формуле

$$\Delta P_ф = P_{ст1} + P_д - P_{ст2} - P_д ,$$

где, $P_{ст}$, $P_д$ - статическое и динамическое давление, измеренное до и после циклона, Па.

10.8. Влажность следует измерять в соответствии с ГОСТ 17.2.4.08-90 "Охрана природы. Атмосфера. Методы определения влажности газопылевых потоков, отходящих от стационарных источников загрязнения".

10.9. Эффективность обеспыливания воздуха следует вычислять по формуле

$$\eta_o = \frac{L_1 \cdot C_1 - L_2 C_2}{L_1 \cdot C_1} \cdot 100\%,$$

где, L ,С - расход воздуха и концентрация пыли до и после циклона.

11. Состав изделия и комплект поставки

11.1. Состав изделий оговорен п.п.8.3 и 8.4 раздела 8. Установка циклона ЦМ.(л.22)

11.2. В комплект поставки помимо циклона с обратным конусом (ЦМ 10.00) и настоящего описания, входят следующие узлы:

а) в установку циклона на пылесборнике (ЦМ 20.00)

- пылесборник (ЦЛП 21.00) - 1шт.
- 1 ящик выдвижной (ЦЛП 22.00) - 1шт.

б) в установку циклона на кронштейне (ЦЛП 30.00)

- бункер (ЦМ 13.00) - 1шт.
- шлюзовой питатель Ш5-30 ЭНУ-11 - 1шт.
- кронштейн (ЦЛП 31.00) - 1шт.

в) в установку циклона на полу (ЦЛП 40.00)

- бункер (ЦЛП 13.00) - 1шт.
- шлюзовой питатель Ш5-30 ЭНУ-11 - 1шт.
- постамент (ЦЛП 41.00) - 1шт.

I2. Примеры расчета

I2.I. Определить диаметр циклона ЦМ, оптимальную скорость воздуха и эффективность осаждения кварцевой пыли, дисперсный состав которой характеризуется параметрами: Ro = 58 мкм, σ_R=4,6. Расход обеспыливаемого воздуха равен 5500 $м^3$/ч, температура 20°С.

В соответствии с п.4.2 настоящих Указаний предварительно принимаем диаметр Д = 0,6м. По программе Приложения 2 при заданных условиях получаем: эффективность осаждения пыли η_o=93,27%, гидравлическое сопротивление Δp = I6II Па, скорость воздуха V = 5,4 м/с. По программе Приложения I определим оптимальную скорость воздуха, соответствующую минимуму приведенных затрат. В связи с тем, что капитальные и эксплуатационные затраты постоянно меняются, условно примем стоимость металла и изготовления I0 руб/кг, стоимость производственной площади I000 руб/$м^2$, стоимость электроэнергии I руб/(квт.ч). При этих условиях получаем оптимальную скорость воздуха в циклоне 3,66 м/с, что соответствует расходу воздуха 3730 $м^3$/ч. Следовательно, одиночный циклон диаметром 0,6м оказался неэкономичным. Целесообразно установить параллельно два циклона диаметром 0,5м, оптимальный расход воздуха для которых равен 2506 $м^3$/ч. Эффективность осаждения пыли в каждом из двух циклонов составит 92,4%, гидравлическое сопротивление 689 Па.

I2.2. Для условий примера I2.I. определить оптимальный режим обеспыливания I0000 $м^3$/час воздуха.

Принимаем диаметр циклона Д = Iм. Эффективность осаждения пыли в этом циклоне равна η_o = 88,8%, гидравлическое сопротивление Δp = 708,3 Па, скорость воздуха 3,54 м/с. По программе Приложения I находим оптимальную скорость 4 м/с и расход воздуха II390 $м^3$/ч. В этом случае целесообразно несколько подкоррек-

тировать заданный расход воздуха в сторону увеличения. Эффективность пылеосаждения в оптимальном режиме равна 89,5%, гидравлическое сопротивление 918,9 Па.

12.3. Для условий примера/2.1 определить эффективность осаждения пыли и гидравлическое сопротивление циклона диаметром 0,6м, пользуясь номограммами.

По номограмме рис.3 находим гидравлическое сопротивление Δp = 1600 Па, граничный размер частиц $R_ф$ = 4,75 мкм, $\sigma_ф$ = 2,018. По номограмме рис.4 по значениям $R_o/R_ф$ = 12,2 и $\sigma_p + \sigma_ф$ = 5,1 находим η_o = 93,7%.

13. Указания для проектировщиков

13.1. При заказе циклона или циклонной установки в спецификации заказного оборудования в разделе оборудования, поставляемого подрядчиком (ОВ.СО) конкретного проекта следует ссылаться на марку (шифр) аппарата, приведенного в разделах 3 или 8 настоящего выпуска или на обозначения чертежа в выпусках 1 и 2.

13.2. Циклонам присвоены марки, состоящие из буквенных и цифровых индексов. Буквенный индекс указывает наименование изделия (ЦМ - циклон с обратным конусом) и его характеристику (У- универсальный), цифровой индекс - диаметр цилиндрической части аппарата в мм.

Например: ЦМ 500У - циклон с обратным конусом, универсальный, диаметр аппарата 500 мм.

13.3. Расшифровка марки установки циклона:

- первая буква указывает наименование конструктивного исполнения установки.

"Я" - установка на пылесборнике с выдвижным ящиком.

"К" - установка на стене здания (на кронштейне)

"П" - установка на полу (на постаменте)

- следующий буквенный индекс указывает наименование изделия (ЦМ - циклон с обратным конусом)
- цифровой-диаметр цилиндрической части аппарата в мм
- буквенный индекс на конце указывает характер изделия ("У"-установка циклона)

Например: КЦМ 500У - установка циклона с обратным конусом на кронштейне, диаметром 500 мм.

13.4. В случае централизованного изготовления циклона или циклонной установки изделие вносится в спецификацию заказного оборудования (ОВ СО) основного комплекта рабочей документации конкретного проекта, в раздел оборудования, составляемого заказчиком

Приложение I

```
10 PRINT "*** ЦИКЛОН С ОБРАТНЫМ КОНУСОМ УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ***"
20 PRINT "** ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСХОДА ВОЗДУХА **"
30 REM Программа разработана в МИОТ на BASIC M8X (к.т.н. В.Т.Самсо-
                                                              нов).
40 DEF FN LG(X) = (LOG (X)) / LOG (10)
50 D = 0
60 PRINT "ВВЕДИТЕ РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ:"
70 INPUT "ДИАМЕТР ЦИКЛОНА D (м)"; D
80 INPUT "ТЕМПЕРАТУРУ ОЧИЩАЕМОГО ВОЗДУХА  (град С)"; T1
90 INPUT "СТОИМОСТЬ МЕТАЛЛА руб/кг"; CM
100 INPUT " СТОИМОСТЬ ИЗГОТОВЛЕНИЯ руб/кг"; CI
110 INPUT " СТОИМОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПЛОЩАДИ руб/кв.м"; CP
120 INPUT "СТОИМОСТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ руб/квт.ч"; CE
130 PRINT "*** ВЫЧИСЛЕНИЕ МИНИМУМА ПРИВЕДЕННЫХ ЗАТРАТ ***"
140 PRINT "методом квадратичной интерполяции-экстраполяции"
150 IF D=0  THEN GOTO 60
160 H = ,01
170 J = D
180 E =,003
190 X = J
200 GOSUB 390
210 S=  Y
220 X = J -H
230 GOSUB 390
240 W= Y
250 X=J+H
260 GOSUB 390
270 U= Y
280 TM =W*  (2*J *+H)-4*S*J+U*  (2*J -H)
290 TM = TM/  (W -2*S +U )/2
```

```
300 IF ABS (TM-J )< E THEN 330
310 J =TM
320 GOTO 190
330 PRINT "РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛЕНИЙ:"
340 PRINT "РАСХОД L опт =";  CSNG (TM); куб.м/с";" или";
    CSNG )TM*3600);"куб.м/ч"
350 PRINT "УДЕЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ (П/Е)min=";  CSNG ( ); руб/ (%* год)"
360 PRINT "СКОРОСТЬ ВОЗДУХА V=", CSNG (4*TM/(PI* D * D) );"м/с"
370 PRINT "УСЛОВНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ E="; CSNG (P * 100);"%"
380 END
390 IF X <=0 THEN X=,001
400 T2=273.16+T1
410 V=X/(PI* D * D /4)
420 MU =1, 45676758E-6*T2SQR(T2)/(T2+111)
430 RO=353.1958776/T2
440 NU =MU /RO
450 SK= V/MU /D / 1E9
460 RE= V* D/NU
470 T=,5*(FN LG(S K))+.98
480 T=T/S QR(.025*(FN LG(RE))-.04)
490 Q=1
500 K=1
510 P=1
520 Q=-Q*T*T/K/2
530 Z =Q/ (K+K+1)
540 P=P+ Z
550 K=K+1
560 IF ABS (Z/P) >1E-6  THEN GOTO 520
570 P=.5+P * ABS (T)/S QP(2+PI)
580 IF  T<0  THEN P=1-P
590PZ =(66.2*(CM+CI)+.588*CP+226*CE* V* V* V )* D* D
600 PZ =PZ +(88.2*(CM+CI)+143*CE  * V* V* V)* D * D* D
610 У=PZ /P/100
620 RETURN
```

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

5. 904-72.93.0-ПЗ

Лист 33

Инв.№ подл. | Подпись и дата | Взам.инв.№ | Инв.№ дубл. | Подпись и дата

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

```
10 PPINT "РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛОНА С ОБРАТНЫМ КОНУСОМ УНИВЕРСАЛЬ-
                                                                НОГО"
20 REM Программа разработана в МИОТ на BASIC MSX (к.т.н.В.Т.Самсонов)
30 PRINT AT(3,3) "ВВЕДИТЕ ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ";
40 PRINT "I.РАСХОД ОЧИЩАЕМОГО ВОЗДУХА   (куб.м/ч)=";
50 INPUT L
60 IFL<2200 OR L>15000 THEN GOTO 30
70 LOCATE 2,6
80 IF L<2200 OR L>3500  THE  GOTO 110
90 IF L>=2200 AND L<3500 THEN PRINT "ДИАМЕТР ЦИКЛОНА РАВЕН D=0.5 м"
100 D=,5
110 IF L<3500 OR L>=6000 THEN GOTO 140
120 IF L> =3500 AND L<6000 THEN PRINT "ДИАМЕТР ЦИКЛОНА РАВЕН D=0,6 м"
130 D=.6
140 IF L<6000 OR L>=9000 THEN GOTO 170
150 IFL>=6000 AH D L<9000 THEN PRINT "ДИАМЕТР ЦИКЛОНА РАВЕН D=0.8 м"
160 D=.8
170 IF L<9000 OR L>15000 THEN GOTO 200
180 IF L>=9000 AND L<=15000 THEN PRINT "ДИАМЕТР ЦИКЛОНА РАВЕН D=.0 м"
190 D=1
200 PRINT "2,ТЕМПЕРАТУРУ ОЧИЩАЕМОГО ВОЗДУХА (град С) !";
210 INPUT T1
220 PRINT "3.НАЧАЛЬНУЮ КОНЦЕНТРАЦИЮ ПЫЛИ (мг/куб м) =";
230 INPUT KC
240 PRINT "4.СРЕДНИЙ РАЗМЕР ЧАСТИЦ ПЫЛИ (МЕДИАНУ) (мкм) =";
250 INPUT  R
260 PRINT "5.ПАРАМЕТР ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЫЛИ (СИГМА)";
270 INPUT
280DEF FNL(X)= LOG(X)/LOG(10)
290 PRINT "РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА"
300 T2=273,16+T1
310 V=L/((PI*D*D/4)*3600)
320 PRINT "Скорость воздуха (м/с)="; CSNG (V)
330 MU=1.45676758E-6*T2*SQR(T2)/(T2+111)
```

```
340 PRINT "Динамическая вязкость воздуха (Паж с)="; CSNG (MU)
350 RO=353.19588/T2
360 PRINT "Плотность воздуха (кг/куб м)="; CSNG (RO)
370 NU=MU/RO
380 PRINT "Кинематическая вязкость воздуха (м 2/с)="; CSNG (NU)
390 SK=V*R*R /MU /D / 1E9
400 PRINT "Критерий Стокса Stк="; CSNG (SK)
410 RE= V* D/NU
420 PRINT "Критерий Реймольдса R e="; CSNG (RE)
430 T=FNL(SQR(SK))+,98
440 T=T/SQR(FNL(S)* FNL (S)+,025*FNL(RE)-,04)
450 Q=1
460 K=1
470 P=1
480 Q=-Q*T*T/K/2
490 Z=Q/(K+K+1)
500 P=P+Z
510 K=K+1
520 IF ABS (Z/P)>1E-6  THEN 480
530 P=.5+P*ABS (T)/SQR(2*PI)
540 IF T<0 THENP=1-P
550 PRINT "ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ"; CSNG (P*100);"%"
560PRINT "СОПРОТИВЛЕНИЕ "; CSNG ((44+3*D)* V* V*RO);"Па"
570 PRINT "КОНЦЕНТРАЦИЯ ПЫЛИ ПОСЛЕ ОЧИСТКИ  "CSNG(KC*(1-P)); "мг/куб м
580 IF INKEYS ="" THEN 580
590 INPUT "ПОВТОРИТЬ РАСЧЕТЫ ПРИ ДРУГИХ ЗНАЧЕНИЯХ ДИАМЕТРА ?(Д/Н)"; Y$
600 CLS
610 IF Y$="D" THEN INPUT "Задайте диаметр циклона (м)";D ELSE END
620 GOTO 290
630 END
```