

Госстрой СССР
ГЛАВПРОМСТРОЙПРОЕКТ
СОЮЗСАНТЕХПРОЕКТ

Государственный проектный институт
САНТЕХПРОЕКТ

ВНИИОТ ВЦСПС (гор. Ленинград)

Методические материалы для проектирования

**УКАЗАНИЯ
ПО РАСЧЕТУ ЦИКЛОНОВ**

A6-52

МОСКВА 1971

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие	3
Условные обозначения	3
1. Область применения Указаний	5
2. Принцип действия циклонов и их основные узлы	5
3. Типы, размеры циклонов и общие рекомендации по их выбору .	7
4. Гидравлические сопротивления и расходы воздуха в циклонах .	9
5. Данные о пыли, необходимые для расчета эффективности циклонов	12
6. Расчет эффективности циклонов	16

ПРИЛОЖЕНИЯ:

1. Циклоны НИИОГАЗ ЦН-11, серия 4.904-46 по чертежам ПИ Проектпромвентиляция	22
2. Циклоны НИИОГАЗ ЦН-11 по нормам НИИОГАЗ	23
3. Циклоны НИИОГАЗ ЦН-15	24
4. Циклоны НИИОГАЗ ЦН-15у	25
5. Циклоны НИИОГАЗ ЦН-24	26
6. Циклоны СИОТ	27
7. Циклоны ВЦНИИОТ	28
8. Циклоны ЛИОТ	29
9. Циклоны СДК-ЦН-33	30
10. Циклоны СК-ЦН-34	31
11. Компоновка циклонов НИИОГАЗ ЦН-11 по чертежам ПИ Проектпромвентиляция, серия 4.904-46	32
12. Компоновка циклонов НИИОГАЗ ЦН-11 по чертежам ПИ Проектпромвентиляция, серия 4.904-46	33
13. Компоновка циклонов НИИОГАЗ ЦН-11 по чертежам ПИ Проектпромвентиляция, серия 4.904-46	34

14.	Компоновка циклонов ЦН по чертежам института Гипрогазоочистка, группы из 2 и 4 циклонов	35
15.	Компоновка циклонов НИИОГАЗ ЦН по чертежам института Гипрогазоочистка, группы из 6 и 8 циклонов	36
16.	Компоновка циклонов НИИОГАЗ ЦН по чертежам института Гипрогазоочистка, группы из 10, 12 и 14 циклонов	37
17.	Пылевой затвор к циклонам ЦН-11 типа 1,3Т с выходным отверстием 200x200 мм конструкции ПИ Проектпромвентиляция (типовые чертежи серия 4.904-46 выпуск III)	38
18.	Пылевой затвор к циклонам ЦН-11 типа 2,3Т с выходным отверстием 300x300 мм конструкции ПИ Проектпромвентиляция (типовые чертежи серии 4.904.46, выпуск III)	39
19.	Пылевой затвор "Мигалка" конструкции ПИ Гипрогазоочистка	40
20.	Пылевой конусный затвор	41
21.	Шлюзовой затвор 220x270	42
22.	Кольцевой диффузор	43
23.	Циклон НИИОГАЗ ЦН-11. Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона	44
24.	Циклон НИИОГАЗ ЦН-15. Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона	45
25.	Циклон НИИОГАЗ ЦН-15у. Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона	46
26.	Циклон НИИОГАЗ ЦН-24. Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона	47
27.	Циклон ЛИОТ. Зависимость диаметра частиц пыли $\delta_{\eta} = 50$, улавливаемых на 50%, от диаметра циклона при постоянных значениях гидравлических сопротивлений ΔP	48
28.	Циклон СДК-ЦН-33. Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона	49
29.	Циклон СК-ЦН-34. Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона	50
30.	Логарифмически вероятностная координатная сетка	51
31.	Транспортир для проведения лучевых линий ($\sigma = const$) на логарифмически вероятностной координатной сетке (приложение 30)	52
32.	График зависимости вязкости M и плотности ρ воздуха от его температуры	52

ПРЕДИСЛОВИЕ

Указания составлены ЛИОТ (канд. техн. наук Коузов П. А.) при участии ГПИ Сантехпроект (инж. Гулишамбаров Ф. М.) под редакцией инж. Мозгова А. Я.

Указания разработаны на основе результатов проведенных ЛИОТ сравнительных исследований циклонов различных типов на кварцевых пылях различной степени дисперсности. При составлении указаний использованы также работы НИИОГАЗ по испытаниям циклонов типа ЦН. Испытания циклонов в институтах ЛИОТ и НИИОГАЗ проводились по единой методике.

Испытания, проведенные ЛИОТ, показали, что наиболее экономичным и эффективным, а также удобным для групповой компоновки, является циклон НИИОГАЗ ЦН-11. Указанный циклон утвержден Главпромстройпроектом Госстроя СССР в качестве унифицированного пылеуловителя циклонного типа (протокол от 23/III-1968 г.). Для этого циклона Институт Проектпромвентиляции разработал альбом чертежей серии 4-904-46, распространяемый филиалом Центрального института типовых проектов (г. Тбилиси, пр. В. Пшавела, 27а). Данные по другим типам циклонов помещены в настоящих указаниях, как справочный материал.

Условные обозначения:

- d - диаметр входного патрубка, мм;
- a и b - соответственно высота и ширина входного отверстия циклона, мм;
- $F_{\delta x}$ - площадь входного отверстия циклона, m^2 ;
- D - диаметр корпуса циклона, мм;
- F_0 - площадь горизонтального сечения корпуса циклона, m^2 ;
- $V_{\delta x}$ - скорость воздуха во входном отверстии циклона, м/сек;
- V_0 - условная скорость воздуха в горизонтальном сечении корпуса циклона, м/сек;
- Q - расход воздуха, $m^3/ч$;

- P - полное давление воздуха в кгс/м² (10^{-1} н/м²);
 $P_{ст}$ - статическое давление воздуха в кгс/м² (10^{-1} н/м²);
 $P_{ск}$ - скоростное давление воздуха в кгс/м² (10^{-1} н/м²);
 ΔP - гидравлическое сопротивление циклона, кгс/м² (10^{-1} н/м²);
 $\psi_{вх}$ - коэффициент гидравлического сопротивления циклона, вычисленный исходя из скоростного давления $P_{ск}$ в входном отверстии циклона $\psi_{вх} = \frac{\Delta P}{P_{ск.вх}}$;
 $\psi_{вх}^{гр}$ - то же, при групповой установке циклонов;
 ψ_0 - коэффициент гидравлического сопротивления циклона, вычисленный исходя из скоростного давления $P_{ск.0}$ в горизонтальном сечении корпуса циклона $\psi_0 = \frac{\Delta P}{P_{ск.0}}$;
 $\psi_0^{гр}$ - то же, при групповой установке циклонов;
 t - температура воздуха, С;
 $P_Б$ - барометрическое давление, н/м²;
 μ - динамическая вязкость воздуха, гс/сек. см²;
 ρ - плотность воздуха, кг/м³;
 g - ускорение силы тяжести, м/сек²;
 φ - относительная влажность воздуха, %;
 d - диаметр частиц пыли, мк;
 d_{50}^* - медианный диаметр частиц в мк, при котором масса всех частиц, имеющих размер меньше или больше d_{50}^* , составляет 50% ($D=50\%$);
 $d_{15,9}^*$ - диаметр частиц в мк, при котором масса всех частиц, имеющих размер меньше $d_{15,9}^*$, составляет 15,9% от общей массы всех частиц ($D=15,9\%$);
 B - число, равное отношению $\frac{d_{50}^*}{d_{15,9}^*}$;
 d_{cp}^* - средний арифметический диаметр частиц, мк;
 $d_{\eta=50}^*$ - диаметр частиц пыли, улавливаемых в циклоне на 50%;
 D - масса частиц пыли в %, имеющих размер меньше заданного диаметра частиц d ;
 ΔD - фракция пыли по массе частиц, %;
 ΔD_n - фракция пыли по числу частиц, %;
 ΔD_y - фракция пыли по массе частиц, уносимых с выходящим из циклона воздухом, %;
 η - эффективность циклона или степень очистки воздуха от пыли в циклоне, %;
 η_{ϕ} - фракционная степень очистки, %;
 n - число частиц в какой-либо фракции в процентах от общего числа частиц пыли, просчитанных под микроскопом;
 i - индекс, указывающий, что данная величина (d_{cpL}^* , ΔD_L , $\eta_{\phi L}$, η_L) относится к i -товой фракции пыли;
 ρ - плотность материала частиц пыли, г/см³.

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УКАЗАНИЙ

1.1. Указания составлены для обеспечения выполнения требований СН 245-63 и СНиП II-Г.7-62 в части проектирования пылеуловителей - циклонов и обоснованного их выбора для очистки от пыли воздуха, удаляемого обеспыливающими вентиляционными установками.

1.2. Указания составлены в развитие п.10 главы 5 СНиП 1-Г.5-52.

Примечание. Величины общей эффективности и гидравлического сопротивления циклонов, рассчитанные по настоящим Указаниям, могут отличаться от данных классификационной таблицы 5 СНиП. 1-Г.5-62, в которой приведены минимальные значения эффективности циклонов на основе ориентировочного осреднения результатов их испытания различными методиками.

1.3. Метод расчета общей эффективности циклонов, приведенный в Указаниях, применим для всех промышленных пылей, за исключением отходов от деревообрабатывающих станков и волокнистой пыли, а также влажной и склонной к налипанию на внутренние стенки циклонов пыли.

1.4. Указания распространяются на циклоны, в которых изменяется основное направление потока газа (воздуха). Прямоточные циклоны, батарейные циклоны и циклоны с жидкостной пленкой в настоящих Указаниях не рассматриваются

2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЦИКЛОНОВ И ИХ ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ

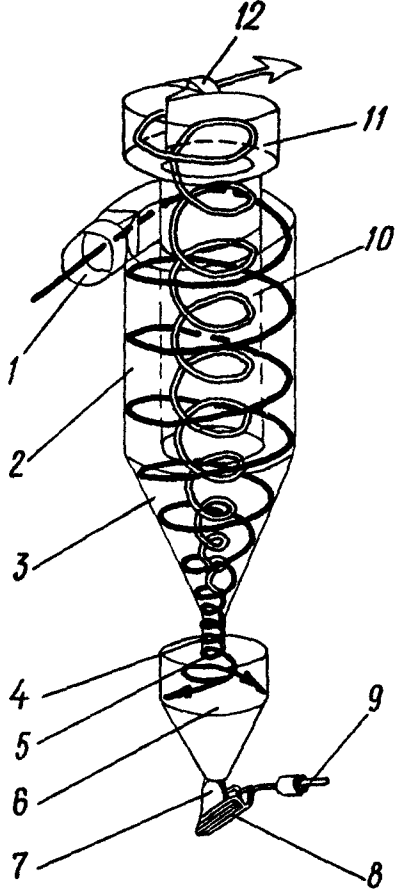
2.1. Циклон (рис.1) представляет собой инерционный пылеуловитель, в котором выделение частиц из воздушной (газовой) среды происходит в основном под воздействием центробежной силы, возникающей при вращении воздушного потока в корпусе аппарата.

Запыленный воздух входит в циклон через тангенциальный патрубок и, приобретая вращательное движение, опускается винтообразно вниз вдоль внутренних стенок цилиндра и конуса. Небольшая часть этого потока, в котором сконцентрированы пылевые частицы, движется в непосредственной близости от стенок циклона и поступает через пылеотводящее отверстие в пылесборный бункер, где происходит осаждение и накопление пылевых частиц.

В центральной зоне циклона воздушный поток, освобожденный от пыли, поднимается винтообразно вверх и удаляется через выхлопную трубу наружу.

Вследствие вращательного движения воздушного потока в центральной зоне циклона (в конусе, выхлопной трубе и пылесборном бункере) наблюдается пониженное давление.

Рис.1. Схема циклона



- 1 - входной патрубок; 2 - корпус циклона;
 3 - конус; 4 - пылеотводящий патрубок;
 5 - пылеотводящее отверстие; 6 - пылесбор-
 ный бункер; 7 - пылеспускной патрубок;
 8 - клапан пылевого затвора; 9 - рычаг кла-
 пана; 10 - выхлопная труба, 11 - улитка;
 12 - выхлопной патрубок.

Разрежение в пылесборных бункерах может наблюдаться и в циклонах, устанавливаемых на нагнетании (после вентилятора). Так, в центре дна бункера одиночного циклона, устанавливаемого на выхлопе нагнетающего воздуховода, это разрежение по абсолютной величине близко к значению скоростного давления на входе в циклон.

2.2. Пылесборные бункеры являются неотъемлемой частью циклонов как при одиночной, так и при групповой их установке. При проектировании нетиповой конструкции пылесборного бункера необходимо учитывать следующее:

- емкость бункеров должна быть рассчитана с учетом количества часов работы установок в течение суток;
- боковые стенки бункера должны отстоять от кромки пылеотводящего отверстия не менее чем на два диаметра последнего;
- пылеотводящее отверстие конуса циклона должно быть "утоплено" ниже верхнего плато бункера примерно на одну треть своего диаметра. Патрубок между конусом циклона и бункером, который иногда применялся в циклонах старого типа, устанавливать не следует;
- фланцевые соединения, смотровые лазы и затворы должны быть герметичными.

2.3. В выхлопной трубе циклона происходит интенсивное вращение воздушного потока, которое необходимо учитывать при проектировании как одиночных, так и групповых установок циклонов.

При установке одиночных циклонов на нагнетании (после вентилятора) вывод очищенного воздуха в атмосферу может быть осуществлен непосредственно из выхлопной трубы вверх через шахту.

Диаметр выхлопной шахты следует принимать по диаметру выхлопной трубы циклона для избежания резкого увеличения гидравлических потерь.

При установке циклонов на всасывании (до вентилятора) следует применять улитку, помещаемую на выхлопной трубе с целью выпрямления воздушного потока и использования скоростного давления. Установку улитки можно рекомендовать и в тех случаях, когда после циклона, стоящего на нагнетании, имеется длинный участок воздуховода до места выброса воздуха в атмосферу.

При компоновке группы циклонов, стоящих на нагнетании или на всасывании, их выхлопные трубы должны присоединяться к типовым коллекторам (приложения 13,14,15,16).

2.4. Пылевые затворы служат для периодической или непрерывной разгрузки уловленной пыли из пылесборных бункеров.

В настоящее время применяются:

затворы к циклонам ЦН-11 размером 200x200 (тип 1, 3Т) и 300x300 (тип 2, 3Т) конструкции ПИ Проектпромвентиляция, чертежи серии 4.904-46, вып. III (приложения 17-18);

пылевой затвор "Мигалка" диаметром 70, 100, 150 и 200 мм, конструкции института Гипрогазоочистка (приложение 19);

пылевой конусный затвор диаметром 150 и 200 мм, рекомендуемый к применению при перепаде давлений до 1000 кгс/м² и температуре пыли до 400°С (приложение 20);

шлюзовый затвор размером 220x270 мм конструкции института Гипрогазоочистка или аналогичные им ячейковые питатели с размерами входных и выходных отверстий 300x300 и 400x400 мм (приложение 21).

3. ТИПЫ, РАЗМЕРЫ ЦИКЛОНОВ И ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИХ ВЫБОРУ

3.1. На основе оценки комплекса показателей - эффективности, экономичности и удобства компоновки - циклон ЦН-11 утвержден Главпромстройпроект Госстроя СССР в качестве унифицированного пылеуловителя. Рабочие чертежи циклонов ЦН-11 диаметром 400, 500, 630, и 800 мм, серия 4.904-46 (приложение 1) разработаны институтом Проектпромвентиляция.

В тех случаях, когда требуется отступить от указанного выше нормализованного ряда диаметров корпуса, размеры и расходы воздуха циклонов ЦН-11 можно принимать по нормали НИИОГАЗ (приложение 2).

3.2. Основные размеры и относительные характеристики других типов циклонов приведены в приложениях 3-10 и табл. 1. При установке этих циклонов необходимо учитывать следующее:

1) циклон ЦН-15 (приложение 3), имеющий при равных гидравлических потерях и производительности несколько меньшие габаритные размеры, можно применить в тех случаях, когда при строго ограниченных габаритах помещения нельзя разместить циклоны ЦН-11;

2) циклон ЦН-15у (приложение 4) можно применять, когда к степени очистки не предъявляются высокие требования, а габаритные размеры циклона должны быть минимальными;

3) циклон ЦН-24 (приложение 5) может применяться только при пониженных требованиях к очистке, например, когда он используется в качестве предварительной ступени очистки;

4) циклон СИОТ (приложение 6) при прочих равных условиях имеет меньшую высоту (0,7), но больший диаметр (1,62) по сравнению с циклоном ЦН-11, поэтому занимаемая им площадь примерно в 2,6 раза больше;

5) циклоны ВЦНИИОТ (приложение 7) могут быть рекомендованы в тех случаях, когда имеется опасность нарастания пыли в конусе циклона или когда нельзя осуществить герметизацию пылесборного бункера. Имеющийся внизу внутренней обратный конус закрывает центральную зону разрежения в корпусе циклона и устраняет подсос при условии установки его на нагнетающей стороне вентилятора. Если циклон устанавливается на всасывающей стороне вентилятора, полная герметизация бункера обязательна. Износоустойчивость конуса этого циклона значительно выше, чем конусов других типов циклонов;

6) циклоны ЛИОТ (приложение 8) не рекомендуется применять.

Материалы по этим пылеуловителям приведены с целью обеспечения возможности расчета общей эффективности эксплуатируемых циклонов ЛИОТ во вновь проектируемых установках;

7) спирально-конусные циклоны СДК-ЦН-33 (приложение 9) и СК-ЦН-34 (приложение 10) относятся к аппаратам с высокими гидравлическими сопротивлениями (табл. 2). Поэтому они могут устанавливаться только в тех случаях, когда при достижении максимальной степени очистки величина гидравлических сопротивлений не лимитируется.

Относительные характеристики циклонов при гидравлическом сопротивлении 981 н/м^2 (100 кгс/м^2) и одинаковой производительности

Тип циклона	Относительные величины				Металлоемкость при расходе воздуха $1000 \text{ м}^3/\text{ч}$ в м^2
	Степени выноса пыли	Поверхности	Диаметра	Высоты	
ЦН-11	1	1	1	1	1,96
ЦН-15	1,05	0,85	0,90	0,93	1,67
ЦН-15у	1,26	0,66	0,92	0,7	1,29
ЦН-24	1,35	0,55	0,75	0,72	1,09
СИОТ	1,05	0,92	1,62	0,70	1,82
ВЦНИИОТ	1,05	1,05	1,25	1,91	2,22

При одинаковых гидравлических сопротивлениях с циклонами ЦН-11 циклоны СДК-ЦН-33 и СК-ЦН-34 обеспечивают несколько более высокую степень очистки, но значительно превышают их по своим габаритам.

Циклон СДК-ЦН-33 имеет несколько более высокую степень очистки, чем циклон СК-ЦН-34, однако он имеет большую высоту.

3.3. При значительном расходе воздуха, удаляемого обеспыливающей вентиляционной установкой, рекомендуется вместо одного большого циклона устанавливать несколько циклонов меньших размеров. Не рекомендуется применять циклоны с диаметром корпуса более 800-1000 мм.

Циклоны ЦН-11 (чертежи серии 4.904-46) при расходе воздуха более $5500 \text{ м}^3/\text{ч}$ рекомендуется компоновать в группы из четырех циклонов (приложение 13). Максимальная производительность таких компоновок $22000 \text{ м}^3/\text{ч}$. Однако институт Гипрогазоочистка применяет групповые компоновки на 2,4,6,8,10,12 и 14-ти циклонов ЦН-11 (приложения 14,15 и 16).

3.4. Для разгрузки уловленной пыли из бункеров в передвижные емкости с последующей транспортировкой ее в отвалы циклоны устанавливают на специальные постаменты (приложения 11-13).

4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ И РАСХОДЫ ВОЗДУХА В ЦИКЛОНАХ

4.1. Гидравлическое сопротивление ΔP циклонов определяют по формуле

$$\Delta P = \zeta_0 \frac{V_0^2 \gamma}{2g} = \zeta_{bx} \frac{V_{bx}^2 \gamma}{2g} \quad \text{кгс/м}^2. \quad (1)$$

приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип циклона	Без улитки		С улиткой на выхлопной трубе	
	$\zeta_{\text{вх}}$	ζ_0	$\zeta_{\text{вх}}$	ζ_0
ЦН-11	6,1	250	5,2	210
ЦН-15	7,6	160	6,7	140
ЦН-15у	8,2	170	7,5	160
ЦН-24	10,9	80	12,5	90
СИОТ	6,0	-	4,2	-
ВЦНИИОТ	10,5	-	10,4	-
ЛИОТ	4,2	460	3,7	411
СДК-ЦН-33	20,3	600	31,3	920
СК-ЦН-34	24,9	1270	30,3	1540

4.3. В циклоне без улитки величина гидравлических сопротивлений ΔP в формуле (1) принята равной полному давлению на входе в циклон.

В циклонах с улиткой гидравлическое сопротивление представляет собой разность полных давлений. Скоростное давление воздушного потока на выходе из улитки не следует относить к гидравлическим потерям.

4.4. Коэффициент гидравлического сопротивления групповой установки циклонов ЦН-11 для прямоугольной компоновки с расположением циклонов в одной плоскости рекомендуется определять по следующим формулам:

С отводом очищенного воздуха через общую камеру

$$\zeta_0^{\text{сп}} = \zeta_0 + 35 \quad \text{или} \quad \zeta_{\text{вх}}^{\text{сп}} = \zeta_{\text{вх}} + 1, \quad (2)$$

с отводом очищенного воздуха из циклонов через улитки

$$\zeta_0^{\text{сп}} = \zeta_0 + 28 \quad \text{или} \quad \zeta_{\text{вх}}^{\text{сп}} = \zeta_{\text{вх}} + 0,8. \quad (3)$$

4.5. Скорость воздуха в циклоне (или воздушная нагрузка циклона) для принятого значения гидравлических сопротивлений ΔP вычисляется по формулам:

$$V_{\text{вх}} = \sqrt{\frac{2g \Delta P}{\gamma \cdot \zeta_{\text{вх}}}}; \quad V_0 = \sqrt{\frac{2g \Delta P}{\gamma \cdot \zeta_0}} \quad \text{м/сек.} \quad (4)$$

4.6. Пропускная способность (расход воздуха) циклона в зависимости от скорости воздуха во входном отверстии V_{Bx} или в сечении корпуса V_0 , гидравлических сопротивлений ΔP и размера циклона определяется по формулам:

$$Q = 3600 \cdot F_{Bx} \cdot V_{Bx} = 3600 \cdot F_{Bx} \sqrt{\frac{2g \Delta P}{\gamma \varphi_{Bx}}} \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5)$$

$$Q = 3600 F_0 \cdot V_0 = 3600 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2g \Delta P}{\gamma \varphi_0}} \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (6)$$

Номограммы для определения пропускной способности циклонов в зависимости от их размеров и гидравлических сопротивлений при стандартных условиях воздушной среды ($t = 20^\circ\text{C}$; $\varphi = 50\%$; $\rho_B = 760$ мм рт. ст) приведены в приложениях 1-10.

4.7. В циклонах НИИОГАЗ (ЦН-11, ЦН-15) без улиток для уменьшения гидравлических потерь рекомендуется устанавливать на конце выхлопной трубы кольцевой диффузор (приложение 22), который, по данным НИИОГАЗа, снижает коэффициенты гидравлического сопротивления до 89% от указанных в табл. 2 величин.

4.8. При запыленном воздушном потоке коэффициенты гидравлического сопротивления циклонов меньше, чем при незапыленном (табл. 3).

Таблица 3

Относительные значения коэффициентов гидравлического сопротивления циклонов различной запыленности воздуха (по данным НИИОГАЗа)

Тип циклона	Концентрация пыли в г/м ³				
	0	10	20	80	150
ЦН-11	100	96	94	90	85
ЦН-15	100	93	92	90	87
ЦН-24	100	95	93	90	90
СДК-ЦН-33	100	81	79	77	75
СК-ЦН-34	100	98	95	98	90

5. ДАННЫЕ О ПЫЛИ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛОНОВ

5.1. Необходимо иметь следующие данные о пыли:

- дисперсный состав пыли,
- плотность материала пылевых частиц, г/см³.

5.2. Дисперсный состав пыли, представляемый обычно в виде таблицы, в которой указаны массы отдельных ее фракций ΔD , следует пересчитать на массы частиц D , имеющих размер меньше d^* . По этим значениям D следует на логарифмически вероятностной координатной сетке построить кривую распределения частиц пыли, определить диаметры частиц d_{50}^* и $d_{15,9}^*$, вычислить величину B (см. пример 1).

5.3. В случае отсутствия сведений о дисперсном составе пыли при выдаче задания на анализ пыли следует рекомендовать применение метода весовых проб (подъемная пипетка ЛИОТ) или метода накопления осадка (модернизированный автоматический седиментометр НИИОГАЗ). При невозможности использования методов седиментации в жидкой среде можно применить метод воздушной сепарации (центробежный сепаратор БАКО).

При липких пылях, а также пылях, склонных к образованию агрегатов, следует рекомендовать применение методов, не требующих предварительного осаждения пыли и вторичного ее диспергирования. В таких случаях целесообразно применить метод струйных сепараторов-импакторов (приборы конструкции институтов Л. Я. Карпова или НИИОГАЗ).

5.4. В тех случаях, когда дисперсный состав пыли задан в виде фракций по числу частиц, их надо пересчитать на фракции по массе частиц, пользуясь следующей формулой:

$$\Delta D_L = \frac{n_L d_{cp}^3}{\sum_{L=1}^{L=K} n \cdot d_{cp}^3} \cdot 100, \quad (7)$$

где $\sum_{L=1}^{L=K} n \cdot d_{cp}^3$ - сумма произведений числа частиц n на куб среднего диаметра частиц, начиная от первой $L=1$ до последней $L=K$ фракции.

5.5. Фракционный состав пыли, выносимой из циклона, определяют по формуле

$$\Delta D_y = \Delta D \cdot \frac{100 - \eta_{\Phi}}{100 - \eta}, \quad (8)$$

где ΔD_y - фракция пыли по массе частиц, уносимых с воздухом, уходящим из циклона (пример 3).

Сумма масс всех фракций $\sum \Delta D_y$, вычисленных по формуле (8), должна составить 100%. Если, вследствие приближенности определения значений η_ϕ , эта сумма не составит 100%, то в величины ΔD_y вносятся соответствующие поправки.

Величины фракционной степени очистки η_ϕ находятся из вспомогательного графика, который строится на логарифмически вероятностной координатной сетке в виде прямой линии по двум точкам, имеющим следующие координаты:

$$\eta_\phi = 50\% \text{ при } d_{\eta=50}^{\sim} \text{ и } \eta_\phi = 15,9\% \text{ при } \frac{d_{\eta=50}^{\sim}}{1,8},$$

где $d_{\eta=50}^{\sim}$ - диаметр частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, определяемый согласно п.6.2.

Величины η_ϕ находятся из вспомогательного графика по соответствующим значениям среднего диаметра граничных частиц фракций:

$$d_{cp_1}^{\sim} = \frac{0 + d_1^{\sim}}{2}; \quad d_{cp_2}^{\sim} = \frac{d_1^{\sim} + d_2^{\sim}}{2} \dots \text{ и т.д.}, \text{ мк} \quad (9)$$

Пример 1. Построить кривую функции распределения частиц пыли $D=f(d^{\sim})$ по данным, приведенным в табл. 4.

Таблица 4

Диаметр частиц на границах фракций пыли d^{\sim} , мк	2,5	2,5-4	4-6,3	6,3-10	10-16	16-25	25-40	40-63	63-100	>100
Фракции пыли по массе частиц ΔD , %	5,8	3,4	5,8	6,5	9,5	11,2	11,8	11,0	6,0	29

Решение. Для построения кривой распределения частиц пыли пересчитываем данные табл.4, прибавляя к массе частиц каждой последующей фракции суммарную массу фракций частиц меньшего размера и результаты записываем в табл. 5.

Размеры частиц пыли \bar{d} , мк	2,5	4,0	6,3	10	16	25	40	63	100
Масса частиц с размерами меньше D , %	5,8	9,2	15,0	21,5	31,0	42,2	54,0	65	71

По данным табл. 5 строим на логарифмически вероятностной координатной сетке кривую функции распределения частиц пыли (рис. 2), по которой находим:

$$\bar{d}_{50} = 32 \text{ мк}; \quad \bar{d}_{15,9} = 6,6 \text{ мк},$$

отсюда

$$G = \frac{\bar{d}_{50}}{\bar{d}_{15,9}} = \frac{32}{6,6} \approx 4,8.$$

Пример 2. Определить фракционный состав пыли по массе частиц исходя из заданного в таблице 6 ее фракционного состава по числу частиц.

Таблица 6

Размеры частиц на границе фракции \bar{d} , мк	0,4-1	1-2	2-5	5-10	10-15	15-20
Фракции пыли по числу частиц ΔD_n , %	85,90	11,95	1,94	0,17	0,02	0,01

Решение. Производим пересчет по формуле 7 фракций пыли по числу частиц на фракции по массе частиц и результаты записываем в таблицу 7.

По найденным значениям D (табл. 7) строим кривую функции распределения частиц пыли по массе (рис. 2 - верхняя кривая), из которой находим:

$$\bar{d}_{50} = 5,2 \text{ мк} \text{ и } \bar{d}_{15,9} = 1,6 \text{ мк}.$$

Отсюда $G = \frac{5,2}{1,6} = 3,25.$

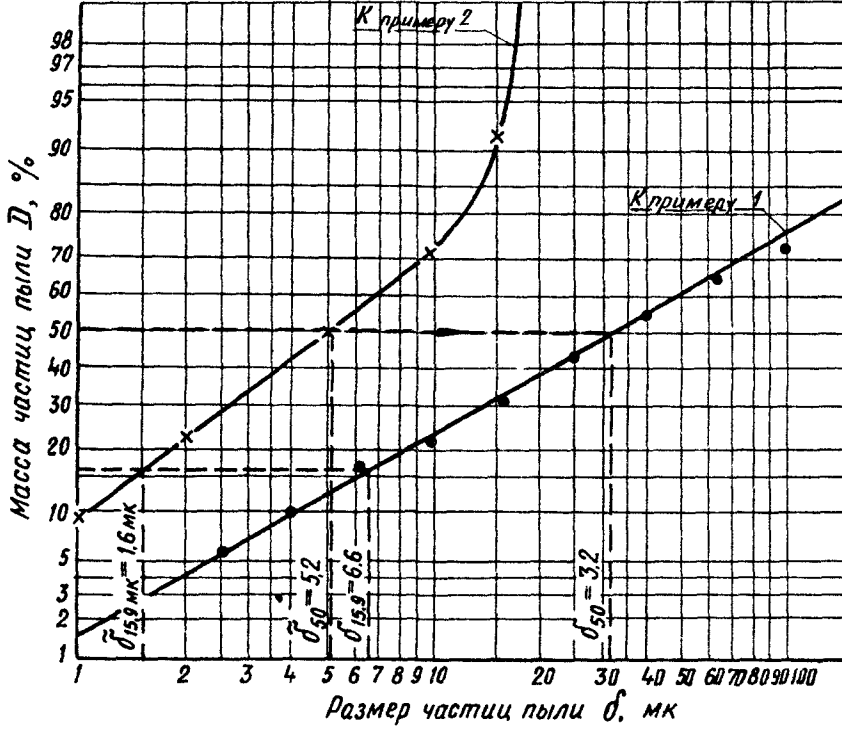


Рис.2. Дисперсный состав пыли

Таблица 7

d мк	d_{cp} , мк (по формуле 9)	ΔD_n , %	$\Delta D_n \times d_{cp}^3$ %, мк ³	ΔD , %	d , мк	D , %
0,4-1	0,7	85,90	29,4	9,3	1	9,3
1 - 2	1,5	11,96	40,4	12,8	2	22,1
2 - 5	3,5	1,94	83,3	26,2	5	48,3
5 - 10	7,5	0,17	71,6	22,5	10	70,8
10 - 15	12,5	0,02	39,1	12,3	15	93,1
15 - 20	17,5	0,01	53,5	16,9	20	100
Всего:		100,0	317,3	100,0		

Пример 3. Вычислить фракционный состав уносимой из циклона пыли по следующим исходным данным:

пыль, поступающая в циклон, имеет такой же фракционный состав, что и в примере 1 (табл. 4):

степень очистки воздуха от пыли в циклоне $\eta = 92,2\%$;
 диаметр частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, $d_{\eta=50} = 2,85$ мк.

Решение 1. Вычисляем средний арифметический диаметр частиц каждой фракции по формуле (9)

$$d_{cp1} = \frac{0+2,5}{2} = 1,25 \text{ мк}; \quad d_{cp2} = \frac{2,5+4}{2} = 3,25 \text{ мк} \dots \dots \text{ и т.д.}$$

и полученные величины d_{cp} записываем в табл.8 (вторая строка).

2. На логарифмически вероятностной координатной сетке (рис.3) по двум точкам с координатами (см.п.5.2)

$$\eta_{\phi} = 50\%; \quad d_{\eta=50} = 2,85 \text{ мк} \quad \text{и} \quad \eta_{\phi} = 15,9\%;$$

$$d_{\eta=15,9} = \frac{2,85}{1,8} = 1,6 \text{ мк}$$

строим прямую линию, выражающую зависимость фракционной степени очистки от размера частиц пыли.

3. По графику на рис.3 определяем по средним арифметическим диаметрам частиц соответствующие величины фракционных степеней очистки и записываем их в табл.8 (четвертая строка).

4. По формуле (8) вычисляем величины фракции по массе частиц пыли, уносимой из циклона

$$\Delta D_{y1} = 5,8 \frac{100-8,5}{100-92,2} = 68,0\% \text{ и т.д.}$$

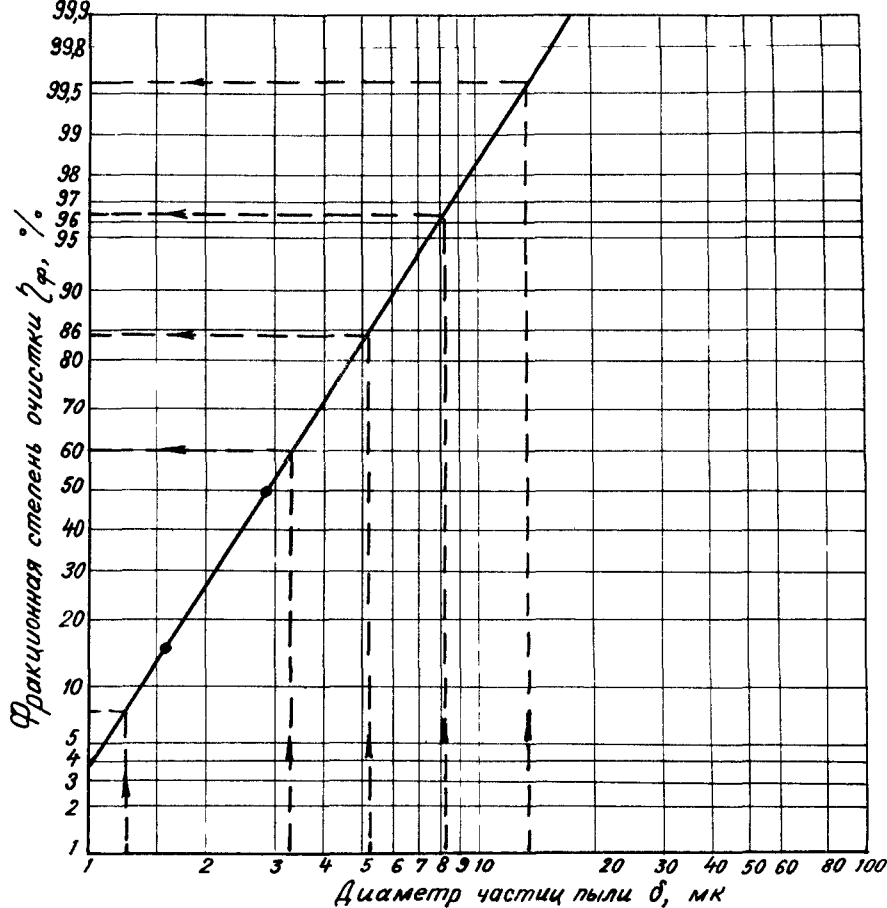
Результаты вычислений записываем в табл.8 (пятая строка).

6. РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦИКЛОНОВ

6.1. При расчете степени очистки воздуха от пыли в выбранном типе циклона следует исходить из следующих данных:

- диаметра корпуса циклона;
- принятой в проекте величины гидравлических потерь;
- температуры воздуха;
- плотности материала пылевых частиц;
- фракционного состава пыли, характеризуемого двумя параметрами d_{50} и B (см.п.5.2.);
- диаметра частиц пыли, улавливаемых в данном циклоне на 50% ($d_{\eta=50}$).

Рис.3. Фракционная степень очистки воздуха от пыли (к примеру 3)



6.2. Диаметры частиц пыли, улавливаемых на 50% ($d_{\eta=50}$), для различных циклонов приведены в графиках приложений 23-29. Графики построены по данным исследований, в которых использована кварцевая пыль плотностью $2,65 \text{ г/см}^3$ при температуре воздуха 20°C (вязкость $M = 183,10^{-6} \text{ г/см.сек.}$).

Поэтому в тех случаях, когда плотность частиц пыли не равна $2,65 \text{ г/см}^3$, необходимо найденную из графиков величину пересчитать по формуле

$$\tilde{d}_{\eta=50} = \sqrt{\frac{2,65}{\rho_T}} \cdot d_{\eta=50}, \quad (10)$$

где $\tilde{d}_{\eta=50}$ - диаметр частиц, улавливаемых в циклоне на 50% при плотности материала частиц ρ_T .

При температуре воздуха не равной 20°C полученную величину $\tilde{d}_{\eta=50}$ необходимо еще раз пересчитать по формуле

$$\tilde{\tilde{d}}_{\eta=50} = \sqrt{\frac{M}{183,10^{-6}}} \cdot \tilde{d}_{\eta=50}, \quad (11)$$

Размеры частиц на границах фракции d , мк	<2,5	2,5-4	4-6,3	6,3-10	10-16	16-25	25-40	40-63	63-100	>100	Всего
Средние диаметры частиц фракций d_{cp} , мк	1,25	3,25	5,15	8,15	13,0	20,5	32,5	51,5	81,5	-	
Фракции исходной пыли по массе частиц ΔD , %	5,8	3,4	5,8	6,5	9,5	11,2	11,8	11,0	6,0	29	100
Фракционные степени очистки η_{∞} , %	8,5	60	85	96,6	99,5	100	100	100	100	100	
Фракции уносимой из циклона пыли по массе частиц ΔD_y , %	68,0	17,4	11,15	2,83	0,62	0	0	0	0	0	100

где $\check{d}_{\eta=50}$ - диаметр частиц, улавливаемых в циклоне на 50% при плотности материала частиц ρ_T и вязкости воздуха M .

6.3. Для определения общей степени очистки воздуха от пыли на логарифмически вероятностную сетку (приложение 30) при помощи транспортира (приложение 31) из точки на абсциссе со значением $\check{d}_{\eta=50}$ проводится луч, соответствующий значению $B = \frac{\check{d}_{50}}{\check{d}_{15,9}}$. Восстанавливая перпендикуляр из точки \check{d}_{50} на оси абсцисс, находим точку пересечения его с проведенным лучом. Ордината этой точки соответствует значению общей степени очистки.

При определении эффективности циклонов можно использовать логарифмически вероятностную линейку ЛИОТ, выпускаемую СКБ ЛИОТ (Ленинград, Д-187, ул. Фурманова. 3).

6.4. При определении эффективности циклонов СИОТ и ВЦНИИОТ, пользуясь заданными величинами расхода воздуха и гидравлических сопротивлений, по графику приложения 3 находят соответствующий диаметр циклона ЦН-15, после чего по графику приложения 24 находят диаметр частиц, улавливаемых в этом аппарате на 50% ($\check{d}_{\eta=50}$). По найденной величине $\check{d}_{\eta=50}$, пользуясь указанием п. 6.4, определяют общую эффективность циклона ЦН-15, равную искомой степени очистки циклонов СИОТ и ВЦНИИОТ.

Пример 4. Определить общую степень очистки воздуха от пыли в циклоне ЦН-11 при следующих исходных данных:

диаметре циклона 400 мм;

допустимой величине гидравлического сопротивления циклона 120 кгс/м^2 ;

температуре воздуха $+ 20^\circ\text{C}$;

плотности пыли, удаляемой из очистного отделения литейного цеха

$$\rho_T = 2,65 \text{ г/см}^3.$$

Дисперсный состав пыли $\check{d}_{50} = 32 \text{ мк}$, $\check{d}_{15,9} = 6,6 \text{ мк}$ (рис. 2, нижняя кривая)

$$B = \frac{\check{d}_{50}}{\check{d}_{15,9}} = \frac{32}{6,6} = 4,8.$$

Решение 1. По графику приложения 23 находим, что при температуре воздуха 20°C , плотности пыли $\rho_T = 2,65$, диаметре циклона 400 мм и гидравлическом сопротивлении $\Delta P = 120 \text{ кгс/м}^2$, диаметр частиц, улавливаемых в циклоне типа ЦН-11 на 50%, составит $\check{d}_{\eta=50} = 2,85 \text{ мк}$.

2. На координатную сетку (рис. 4) накладываем транспортира так, чтобы его центр (точка A_1) совпал со значением $\check{d}_{\eta=50} = 2,85 \text{ мк}$ на абсциссе и проводим из этой точки луч, соответствующий значению $B = 4,8$.

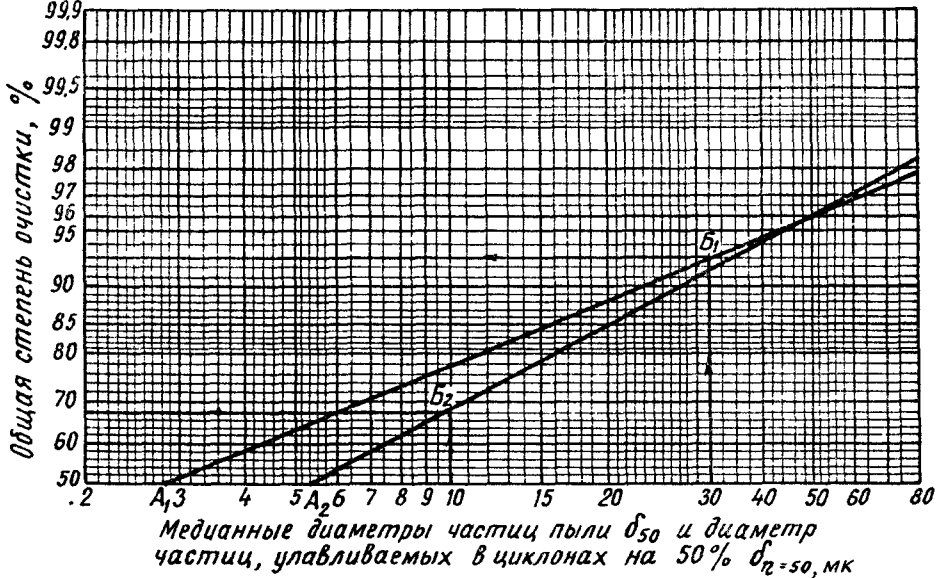


Рис.4. Определение общих степеней очистки циклонов
(к примеру 4 и 5)

3. Находим на оси абсцисс точку, соответствующую медианному диаметру частиц пыли $\tilde{d}_{50} = 32$ мк, и восстанавливаем из нее перпендикуляр до пересечения его с лучом (точка B_1).
4. Ордината найденной точки пересечения будет представлять собой искомую величину степени очистки циклона $\eta = 93,0\%$.

Пример 5. Определить степень очистки воздуха от пыли в циклоне ЦН-11 при следующих исходных данных:

диаметре циклона 800 мм;

допустимой величине гидравлического сопротивления циклона 120 кгс/м^2 ;

температуре газа 80°C ;

плотности угольной пыли, удаляемой аспирационными установками тракта топливоподачи тепловой ГРЭС $\rho_T = 1,5 \text{ г/см}^3$;

дисперсном составе пыли $\tilde{d}_{50} = 10$ мк,

$$\tilde{d}_{15,9} = 3,1 \text{ мк},$$

$$\sigma = \frac{10}{3,1} = 3,25.$$

Решение 1. По графику приложения 23 находим диаметр частиц (\tilde{d}_{2-50}) улавливаемых в циклоне на 50% при $\Delta P = 120 \text{ кгс/м}^2$, диаметре циклона 800 мм, температуре 20°C и плотности материала частиц $\rho_T = 2,65 \text{ г/см}^3$, $\tilde{d}_{2-50} = 3,8 \text{ мк}$.

2. В найденную величину $\delta_{\eta=50}^{\sim}$ вносим поправку по формуле (10) на плотность пыли $\rho_T = 1,5 \text{ г/см}^3$

$$\delta_{\eta=50}^{\sim} = 3,8 \sqrt{\frac{2,65}{1,5}} = 5,05 \text{ мк.}$$

3. Вносим также поправку на температуру воздуха 80°C по формуле (11).

Для этого предварительно по графику приложения 33 определяем вязкость воздуха при $t = 80^\circ\text{C}$; $M' = 210 \cdot 10^{-6} \text{ см/сек.}$

$$\delta_{\eta=50}^{\sim} = \sqrt{\frac{M'}{M}} \delta_{\eta=50}^{\sim} = \sqrt{\frac{210 \cdot 10^{-6}}{183 \cdot 10^{-6}}} \cdot 5,05 = 5,42 \text{ .}$$

4. Накладываем транспортир на координатную сетку так, чтобы его центр (точка A_2) совпал со значением $\delta_{\eta=50}^{\sim} = 5,42 \text{ мк}$ на абсциссе и проводим луч, соответствующий значению $G = 3,25$ (рис.4).

5. Находим на оси абсцисс точку, соответствующую медианному диаметру частиц пыли $\delta_{50}^{\sim} = 10,0 \text{ мк}$ и восстанавливаем из нее перпендикуляр до пересечения его с лучом, соответствующим числу $G = 3,25$ (точка B_2).

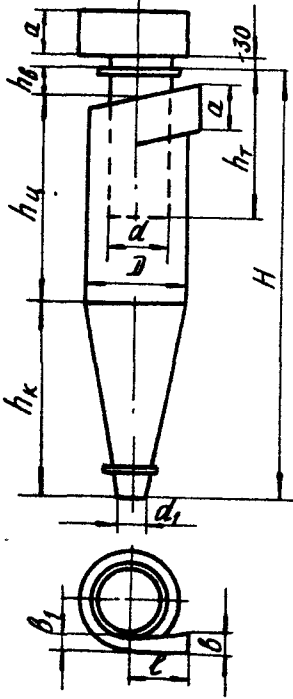
6. Ордината найденной точки пересечения равна величине общей степени очистки циклона $\eta = 68\%$.

Циклоны НИИОГАЗ ЦН-11

серия 4.904-46

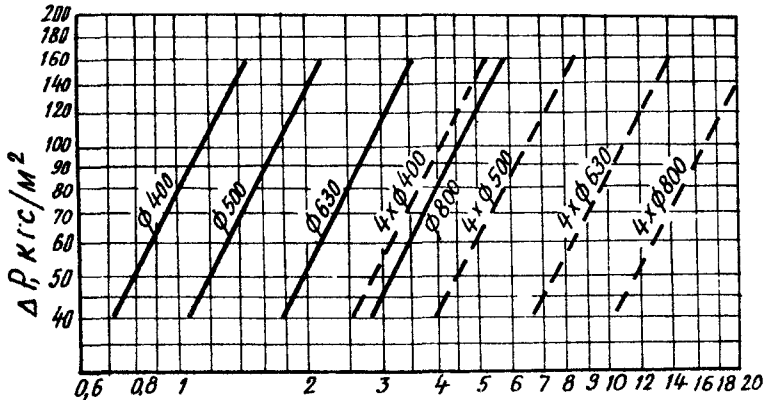
по чертежам П.И.Проектпромвентилиация

Основные размеры в мм



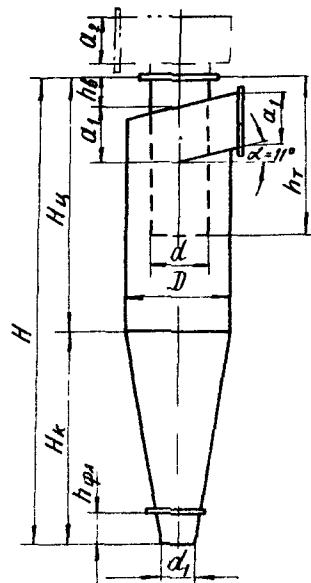
D	d	d ₁	h _к	h _ц	h _в	h _т	H	l	a	в	в ₁	Площ. поперечного сечения корпуса циклона	Вес без улитки, кг
400	240	120	300	832	230	734	1862	240	192	104	80	0,1257	66
500	300	150	1000	1040	260	890	2300	300	240	130	100	0,1963	88
630	378	190	1260	1310	300	1095	2870	378	302	164	126	0,3117	247
800	480	240	1600	1665	350	1358	3615	480	384	208	160	0,5021	391

График зависимости расходов воздуха от гидравлических сопротивлений циклонов при температуре воздуха t = -20°C



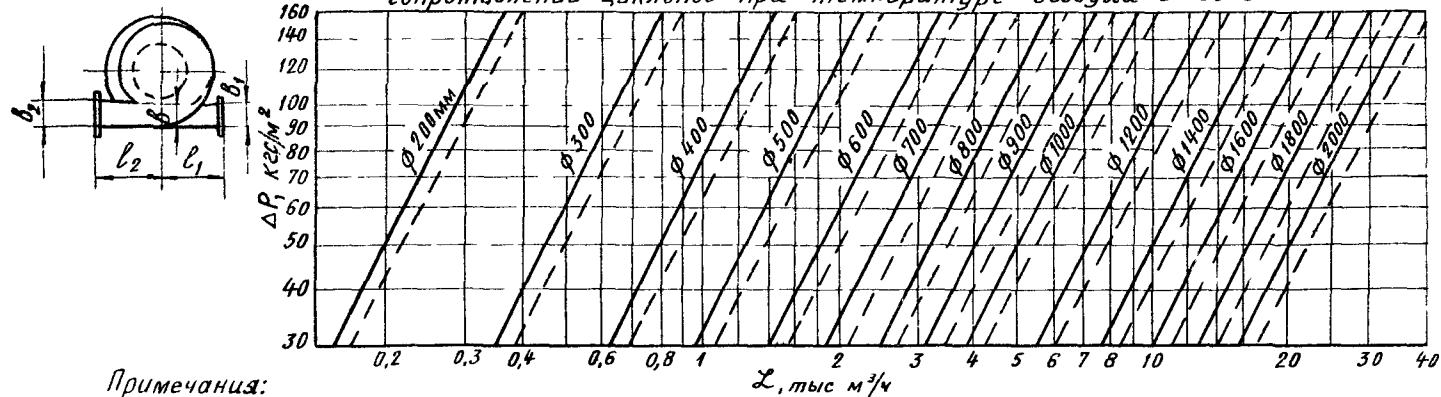
Примечание. Сплошные линии относятся к циклонам без улитки, пунктирные - с улиткой

Циклоны НИИОГАЗ ЦН-11 по нормам НИИОГАЗ
Основные размеры в мм



D	d	d_1	B	b_1	a_1	b_2	a_2	l_1	l_2	h_T	h_B	$h_{Фл}$	$H_{ц}$	$H_{к}$	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
200	120	80	40	52	96	52	132	120	120	312	80	20	416	400	876
300	180	120	60	78	144	78	198	180	180	468	90	30	624	600	1314
400	240	140	80	104	192	104	264	240	240	624	120	40	832	800	1752
500	300	170	100	130	240	130	330	300	300	780	150	50	1040	1000	2190
600	360	200	120	156	288	156	396	360	360	936	180	60	1248	1200	2628
700	420	220	140	182	336	182	462	420	420	1092	210	70	1456	1400	3066
800	480	240	160	200	384	208	528	480	480	1248	240	80	1664	1600	3504
900	540	270	180	234	432	234	594	540	540	1404	270	90	1872	1800	3942
1000	600	300	200	260	480	260	660	600	600	1560	300	100	2080	2000	4380
1200	720	360	240	312	576	312	792	720	720	1872	360	120	2496	2400	5256
1400	840	420	280	364	672	364	924	840	840	2184	420	140	2912	2800	6132
1600	960	480	320	416	768	416	1056	960	960	2496	480	160	3328	3200	7008
1800	1080	540	360	468	864	468	1188	1020	1020	2808	540	180	3744	3600	7884
2000	1200	600	400	520	960	520	1320	1200	1200	3120	600	200	4160	4000	8760

Номограмма зависимостей расхода воздуха от гидравлических сопротивлений циклонов при температуре воздуха $t = 20^\circ\text{C}$

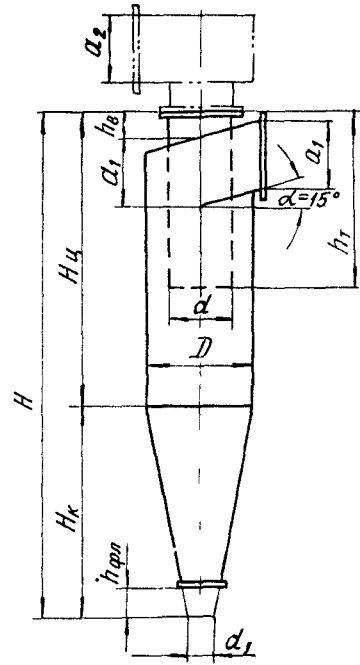


Примечания:

- 1 В графах 1-8 таблицы указаны внутренние размеры
- 2 В номограмме сплошные линии относятся к циклонам без улитки, пунктирные - с улиткой

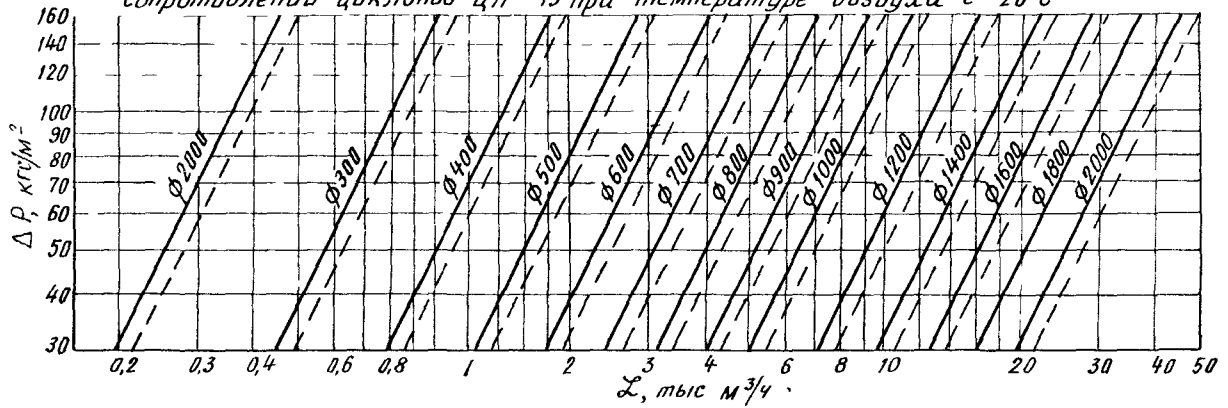
Циклоны НИИОГАЗ ЦН-15

Основные размеры в мм



D	d	d_1	b	b_1	a_1	b_2	a_2	l_1	l_2	h_T	h_B	$h_{ФП}$	H_c	H_k	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
200	120	80	40	52	132	52	132	120	120	348	60	20	452	400	912
300	180	120	60	78	198	78	198	180	180	522	90	30	678	600	1368
400	240	140	80	104	264	104	264	240	240	696	120	40	904	800	1824
500	300	170	100	130	330	130	330	300	300	870	150	50	1130	1000	2280
600	360	200	120	156	396	156	396	360	360	1044	180	60	1356	1200	2736
700	420	220	140	182	462	182	462	420	420	1218	210	70	1582	1400	3192
800	480	240	160	208	528	208	528	480	480	1392	240	80	1808	1600	3648
900	540	270	180	234	594	234	594	540	540	1566	270	90	2034	1800	4104
1000	600	300	200	260	660	260	660	600	600	1740	300	100	2260	2000	4560
1200	720	360	240	312	792	312	792	720	720	2088	360	120	2712	2400	5472
1400	840	420	280	364	924	364	924	840	840	2436	420	140	3164	2800	6384
1600	960	480	320	416	1056	416	1056	960	960	2784	480	160	3616	3200	7296
1800	1080	540	360	468	1188	468	1188	1080	1080	3132	540	180	4068	3600	8208
2000	1200	600	400	520	1320	520	1320	1200	1200	3480	600	200	4520	4000	9120

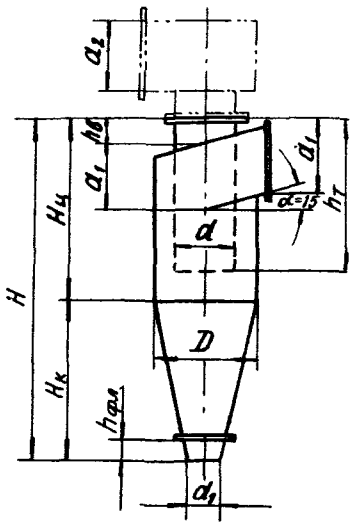
Номограмма зависимостей расхода воздуха от гидравлических сопротивлений циклонов ЦН-15 при температуре воздуха $t = 20^\circ\text{C}$



Примечания:

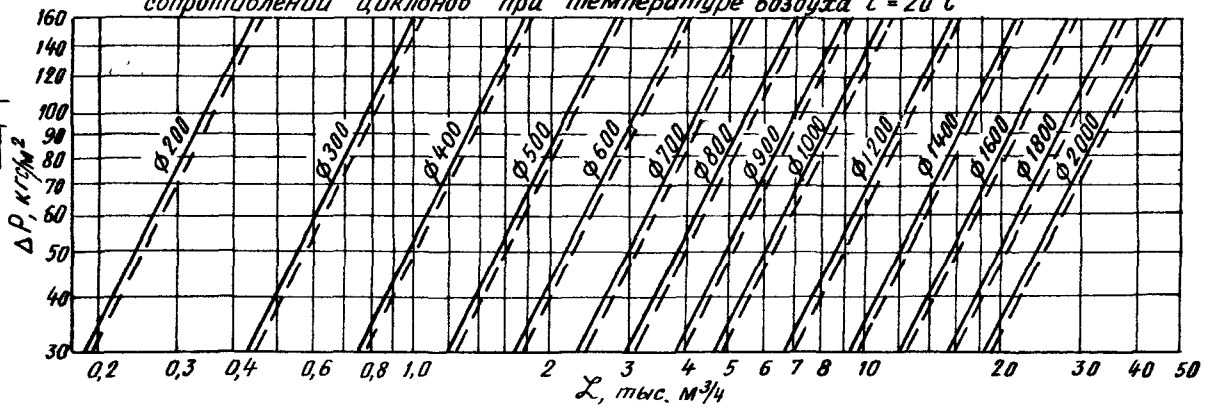
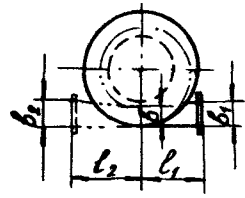
- 1 В графиках 1-8 таблицы указаны внутренние размеры
- 2 В номограмме сплошные линии относятся к циклонам без улитки и пунктирные-с улиткой

Циклоны НИЦОГАЗ ЦН-15у
Основные размеры в мм



D	d	a ₁	b	b ₁	a ₁	b ₂	a ₂	l ₁	l ₂	h _т	h _б	h _{фл}	H _ц	H _к	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
200	120	80	40	52	132	52	132	120	120	300	60	20	302	300	662
300	180	120	60	78	198	78	198	180	180	450	90	30	453	450	993
400	240	140	80	104	264	104	264	240	240	600	120	40	604	600	1324
500	300	170	100	130	330	130	330	300	300	750	150	50	755	750	1655
600	360	200	120	156	396	156	396	360	360	900	180	60	906	900	1986
700	420	220	140	182	462	182	462	420	420	1050	210	70	1057	1050	2317
800	480	240	160	208	528	208	528	480	480	1200	240	80	1208	1200	2648
900	540	270	180	234	594	234	594	540	540	1350	270	90	1359	1350	2979
1000	600	300	200	260	660	260	660	600	600	1500	300	100	1510	1500	3310
1200	720	360	240	312	792	312	792	780	720	1800	360	120	1812	1800	3972
1400	840	420	280	384	924	364	924	840	840	2100	420	140	2114	2100	4634
1600	960	480	320	418	1056	416	1056	960	960	2400	480	160	2416	2400	5896
1800	1080	540	360	468	1188	468	1188	1080	1080	2700	540	180	2718	2700	5958
2000	1200	600	400	520	1320	520	1320	1200	1200	3000	600	200	3020	3000	6020

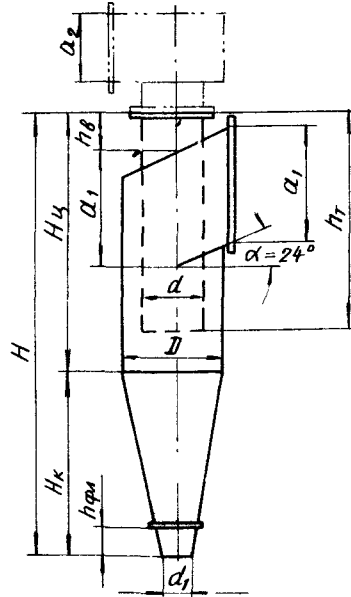
Номограмма зависимостей расходов воздуха от гидравлических сопротивлений циклонов при температуре воздуха t = 20°C



Примечания: 1. В графах 1÷8 таблицы указаны внутренние размеры
2. В номограмме сплошные линии относятся к циклонам без улитки; пунктирные – с улиткой

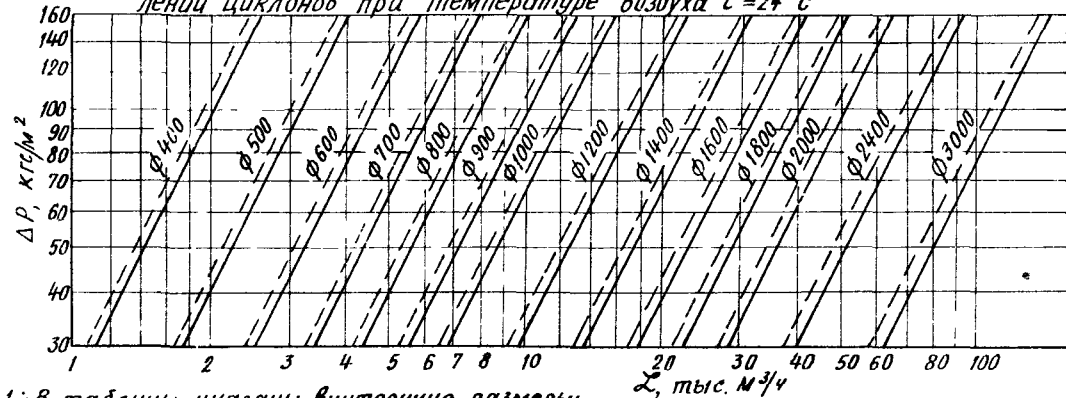
Циклон НИОГАЗ ЦН-24
Основные размеры в мм

Приложение 5



D	d	d_1	b	b_1	α_1	b_2	α_2	l_1	l_2	$h_{\text{т}}$	$h_{\text{в}}$	$h_{\text{фл}}$	$H_{\text{ц}}$	$H_{\text{к}}$	H
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
400	240	140	80	104	444	52	264	240	240	344	160	40	844	700	1704
500	300	170	100	130	556	78	330	300	300	1055	200	50	1055	875	2130
600	360	200	120	156	666	104	396	360	360	1266	240	60	1266	1050	2556
700	420	220	140	182	777	130	462	420	420	1477	280	70	1477	1225	2982
800	480	240	160	208	888	156	528	480	480	1688	320	80	1688	1400	3408
900	540	270	180	234	999	182	594	540	540	1899	360	90	1899	1575	3834
1000	600	300	200	260	1110	208	660	600	600	2110	400	100	2110	1750	4260
1200	720	360	240	312	1332	234	792	720	720	2532	480	120	2532	2100	5112
1400	840	420	280	364	1554	260	924	840	840	2954	560	140	2954	2450	5964
1600	960	480	320	416	1776	312	1056	960	960	3376	640	160	3376	2800	6816
1800	1080	540	360	468	1998	364	1188	1080	1080	3798	720	180	3798	3150	7668
2000	1200	600	400	520	2220	416	1320	1200	1200	4220	800	200	4220	3500	8620
2400	1440	720	480	624	2664	468	1584	1440	1440	5064	960	240	5064	4200	10224
3000	1800	900	600	780	3330	520	1980	1800	1800	6330	1200	300	6330	5250	12780

Номограмма зависимостей расходов воздуха от гидравлических сопротивлений циклонов при температуре воздуха $t = 24^\circ\text{C}$



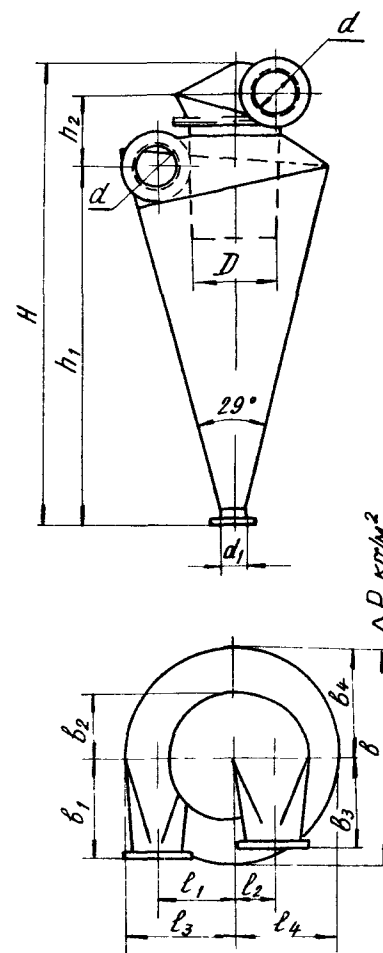
Примечания:

1. В графах 1÷8 таблицы указаны внутренние размеры:

2. В номограмме сплошные линии относятся к циклонам без улитки и пунктирные - с улиткой

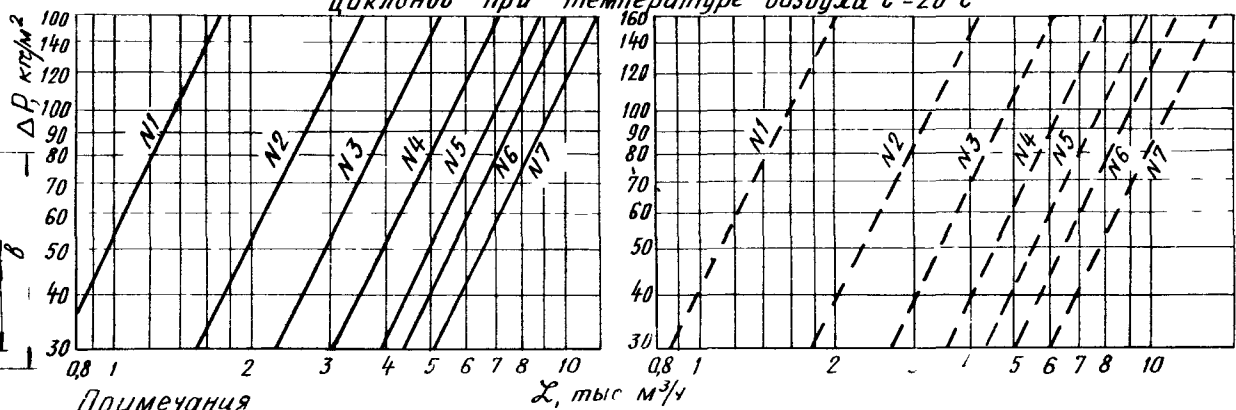
Циклоны СИОТ

Основные размеры в мм



№	d	D	d_1	h_1	h_2	H	b_1	b_2	b_3	b_4	b	l_1	l_2	l_3	l_4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	170	290	68	1360	235	1720	345	230	255	355	675	264	135	368	335
2	245	416	98	1960	335	2455	495	330	370	510	970	380	195	532	483
3	300	510	120	2400	407	2995	610	405	450	624	1184	465	240	651	591
4	345	586	138	2765	460	3440	700	465	520	718	1363	535	275	748	680
5	385	655	154	3075	525	3830	780	515	580	800	1520	597	310	835	758
6	410	698	164	3280	555	4080	832	550	615	853	1620	635	330	890	808
7	445	756	178	3555	605	4423	900	595	670	926	1758	690	355	966	877

Номограмма зависимостей расхода воздуха от гидравлических сопротивлений циклонов при температуре воздуха $t=20^{\circ}\text{C}$

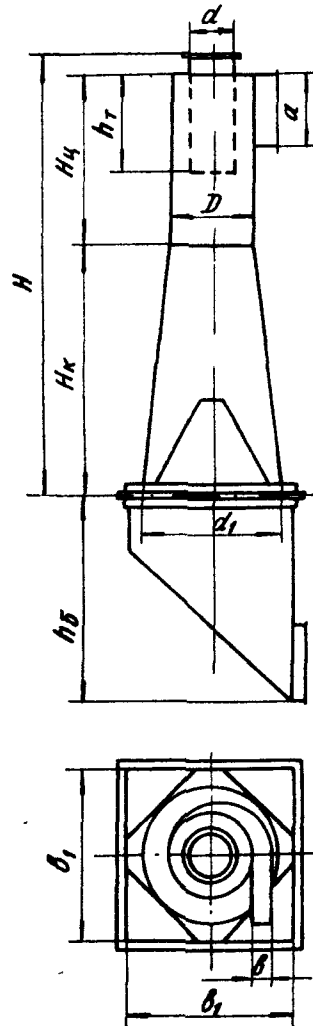


Примечания

- 1 В графах 2, 3, 4 таблицы указаны внутренние размеры
- 2 В номограмме сплошные линии относятся к циклонам без улитки и пунктирные - с улиткой

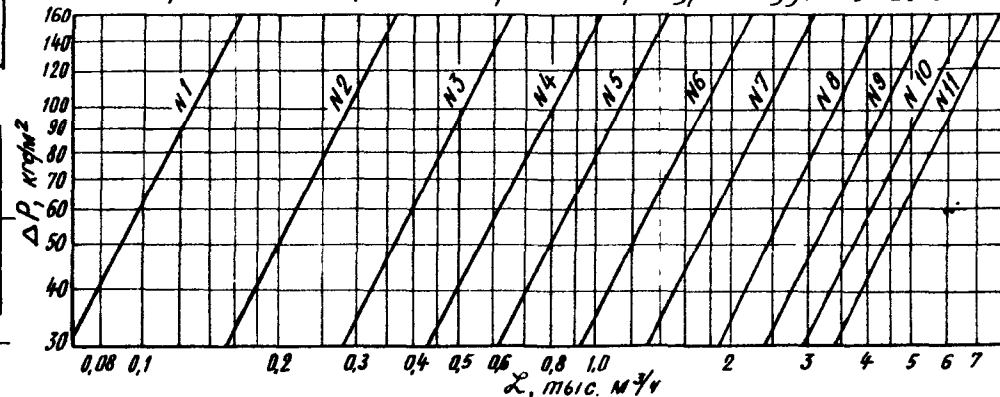
Циклоны ВЦНИИОТ

Основные размеры в мм



№ циклона	D	α	α_1	α	β	β_1	H_K	H_4	H	h_T	h_6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	100	50	165	100	26	204	300	200	520	110	250
2	150	75	247	150	39	304	450	300	780	165	375
3	200	100	330	200	52	404	600	400	1040	220	500
4	250	125	412	250	65	504	750	500	1300	275	625
5	300	150	495	300	78	604	900	600	1560	330	750
6	370	185	610	370	96	744	1110	740	1924	407	925
7	455	228	750	455	108	914	1365	910	2366	500	1138
8	525	263	866	525	136	1054	1575	1050	2730	577	1313
9	585	293	965	585	152	1174	1755	1170	3042	643	1463
10	645	323	1064	645	168	1294	1935	1290	3354	709	1613
11	695	348	1146	695	181	1394	2085	1390	3614	764	1738

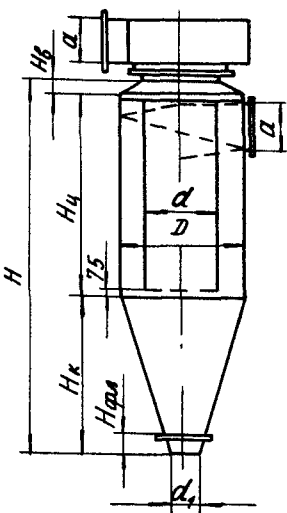
Нограмма зависимостей расхода воздуха от гидравлических сопротивлений циклонов при температуре воздуха $t = 20^\circ\text{C}$



Примечание. В графах 2-5 таблицы указаны внутренние размеры

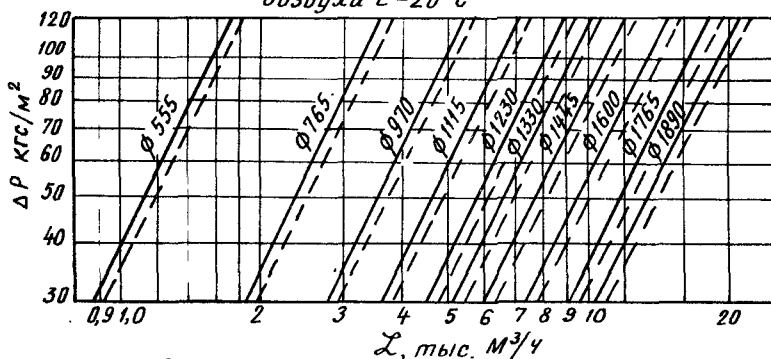
Циклоны ЛИОТ

Основные размеры в мм



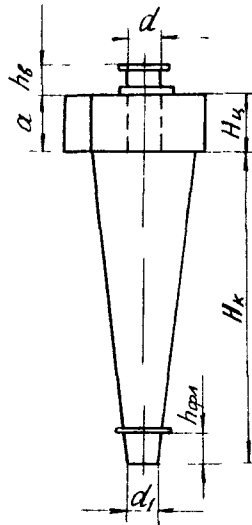
D	d	a	b	$H_{\text{ц}}$	$H_{\text{к}}$	$H_{\text{фр}}$	$H_{\text{в}}$	H	d_1	l
555	325	170	115	850	680	47	50	1580	140	280
765	445	245	160	1225	980	67	75	2280	200	380
970	570	300	200	1500	1200	80	90	2790	240	485
1115	655	345	230	1725	1380	93	105	3210	280	560
1230	730	385	250	1925	1540	103	115	3580	310	615
1330	780	410	275	2050	1640	110	125	3815	330	665
1445	845	445	300	2225	1780	120	135	4140	360	725
1600	940	495	330	2475	1980	133	150	4605	400	800
1765	1035	545	365	2725	2180	147	165	5070	440	880
1890	1110	585	390	2925	2340	160	180	5445	480	945

Номограмма зависимостей расхода воздуха от гидравлических сопротивлений циклонов при температуре воздуха $t=20^{\circ}\text{C}$



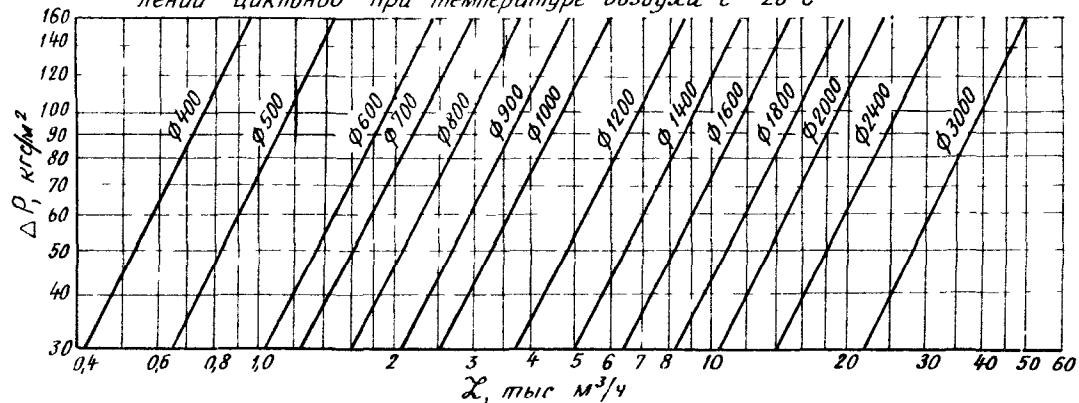
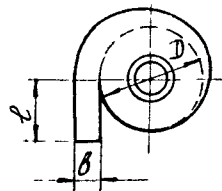
Примечание. В номограмме сплошные линии относятся к циклонам без улитки и пунктирные-с улиткой

Циклоны СДК-ЦН-33
Основные размеры в мм



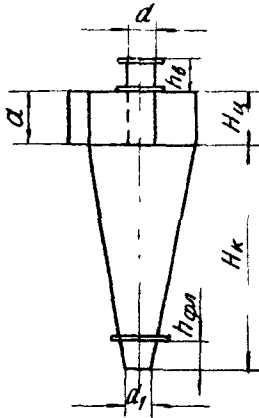
D	d	d ₁	a	ℓ	б	h _б	h _{фил}	H _к	H _ц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
400	134	134	214	240	106	120	40	1200	214
500	167	167	267	300	132	150	50	1500	267
600	200	200	321	360	158	160	60	1800	321
700	234	234	375	420	185	180	70	2100	375
800	267	267	428	480	211	200	80	2400	428
900	300	300	482	540	238	210	90	2700	482
1000	334	334	535	600	264	220	100	3000	535
1200	400	400	642	720	317	240	120	3600	642
1400	468	468	749	840	370	280	140	4200	749
1600	534	534	856	960	422	320	160	4800	856
1800	601	601	963	1080	475	360	180	5400	963
2000	668	668	1070	1200	528	400	200	6000	1070
2400	802	802	1284	1440	634	480	240	7200	1284
3000	1000	1000	1605	1800	792	600	300	9000	1605

Номограмма зависимостей расхода воздуха от гидравлических сопротивлений циклонов при температуре воздуха $t = 20^\circ\text{C}$



Примечание. В графах 1, 2, 3, 4, 6 таблицы указаны внутренние размеры

Циклоны СК-ЦН-34
Основные размеры в мм



D	d	d ₁	a	l	b	h _б	h _{фл}	H _к	H _ц
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
400	136	92	206	240	86	120	40	844	206
500	170	115	250	300	107	150	50	1055	258
600	204	137	309	360	128	160	60	1266	309
700	238	160	361	420	150	180	70	1477	360
800	272	183	412	480	171	200	80	1688	412
900	306	206	464	540	193	210	90	1899	463
1000	340	229	515	600	214	220	100	2110	515
1200	408	275	618	720	257	240	120	2532	618
1400	476	321	720	840	300	280	140	2954	721
1600	544	366	824	960	342	320	160	3376	824
1800	612	412	927	1080	385	360	180	3798	927
2000	680	458	1030	1200	428	400	200	4220	1030
2400	816	550	1236	1440	514	480	240	5064	1236
3000	1020	687	1545	1800	642	600	300	6330	1546

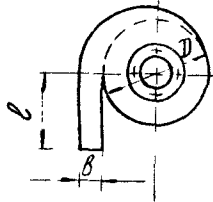
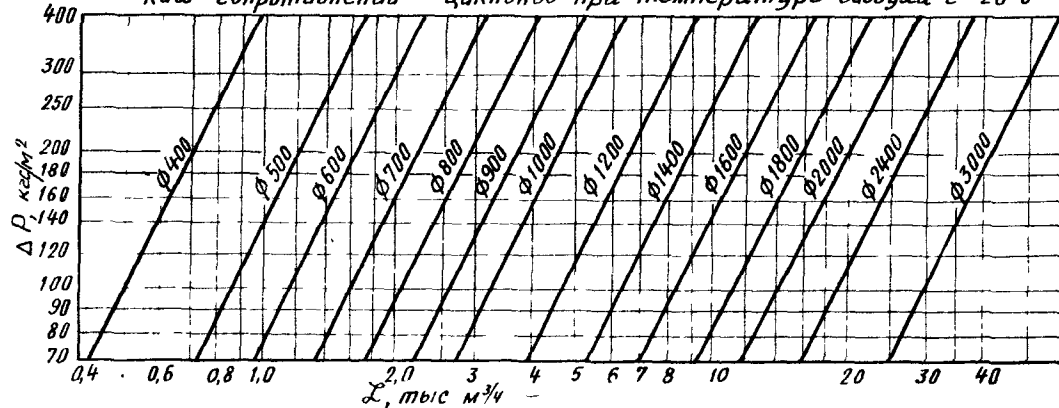
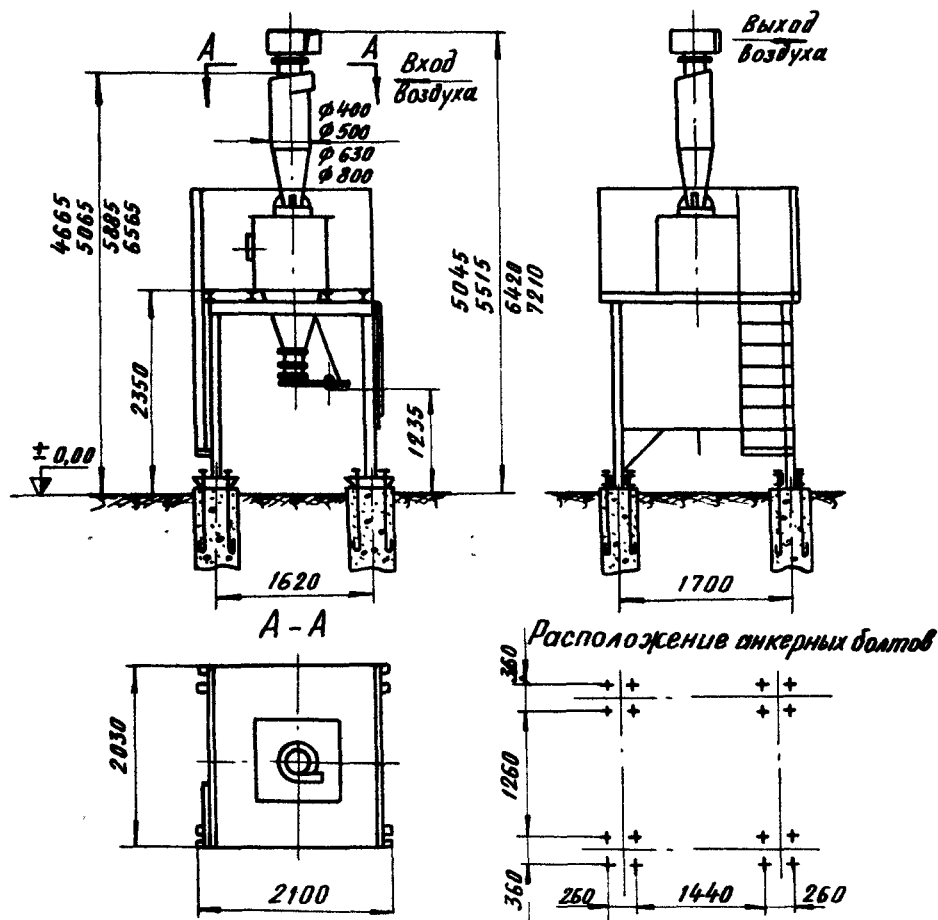


График зависимости расхода воздуха от гидравлических сопротивлений циклонов при температуре воздуха t = 20°C



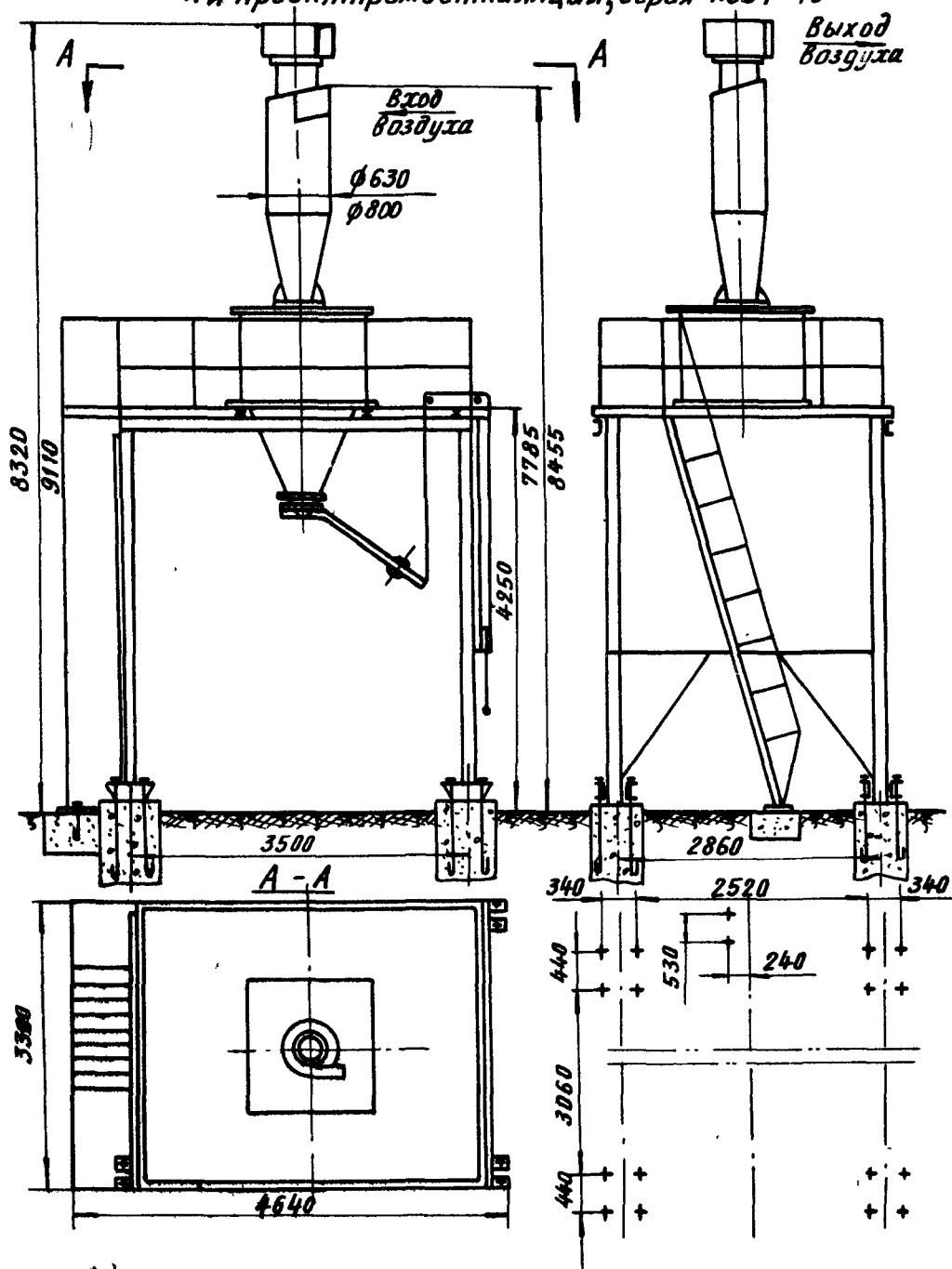
Примечание. В графах 1-6 таблицы указаны внутренние размеры

*Компоновка циклонов НЦИОГАЗ ЦН-11
по чертежам ПИ Проектпромвентилизация, серия 4.904-46*



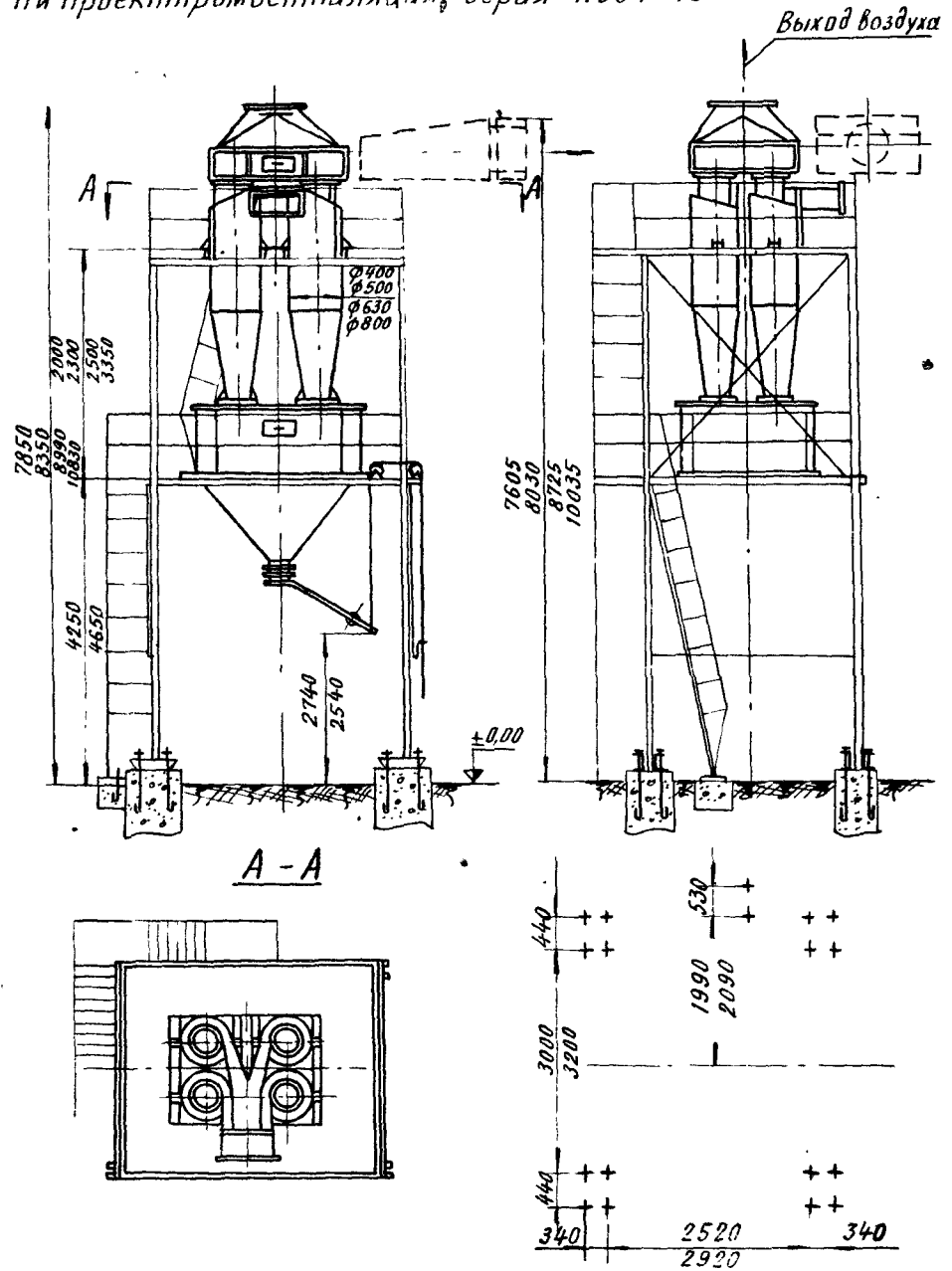
Установка одиночного циклона ЦН-11 на постаменте для разгрузки уловленной пыли в емкость, установленную на тележку, авто и электрокару

Компоновка циклонов НИИОГАЗ ЦН-11 по чертежам
 ПИ Проектпромвентиляция, серия 4.904-46



Установка одиночного циклона ЦН-11 на постаменте для разгрузки уловленной пыли из бункера в автомашину

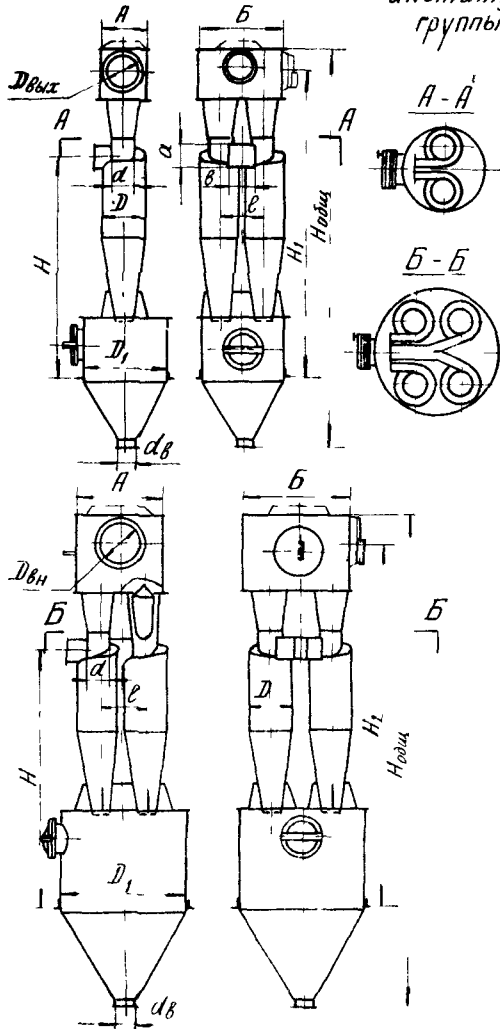
Компоновка циклонов НИИОГАЗ ЦН-II по чертежам
 ПИ ПроектПромВентиляция, серия 4.904-46



Компоновка группы из 4^х циклонов на постаменте
 для выгрузки уловленной пыли в автомашины

Компоновки циклонов НЦИОГАЗ ЦН по чертежам
института Гипрогазоочистка,
группы из 2 и 4 циклонов.

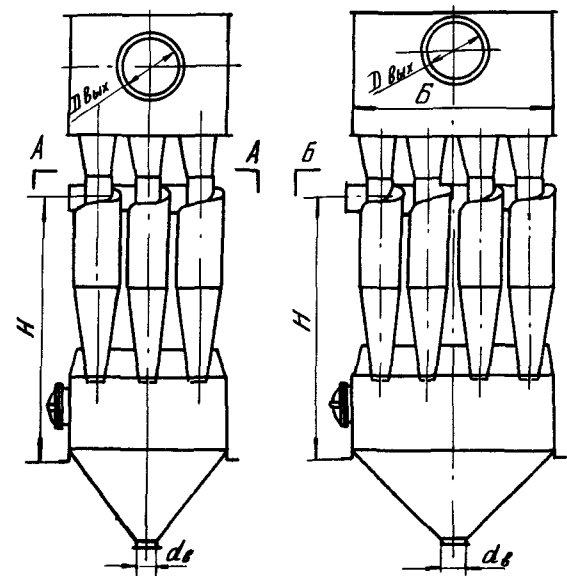
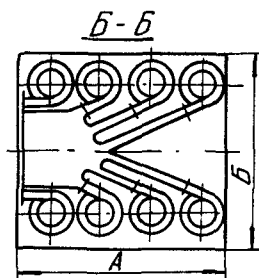
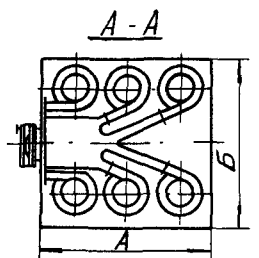
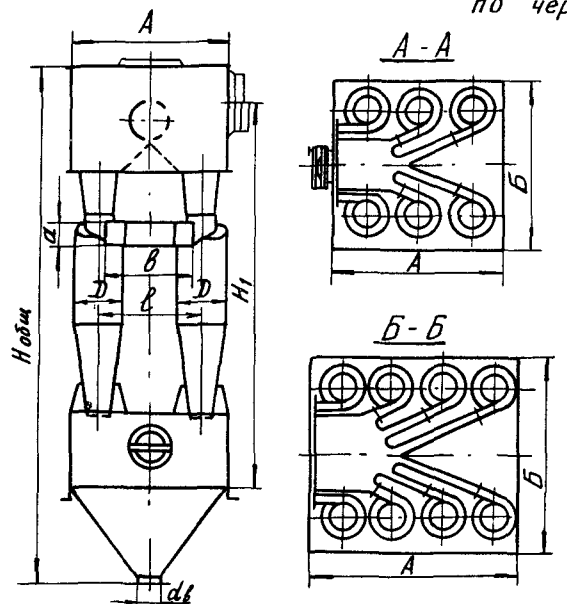
Основные размеры в мм



Размеры циклона	Группа из 2 циклонов												Группа из 4 циклонов										
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
D	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	
D ₁	500	300	1000	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2400	2800	3600	3600	800	1000	1400	1600	1800	2000	2400	2800	3000	
A	240	360	480	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	480	700	920	1040	1240	1440	1640	1840	2040	
Б	460	680	900	1024	1224	1424	1624	1824	2028	2428	2828	3228	3636	584	856	1128	1308	1560	1812	2064	2316	2576	
D _{вых}	153	245	325	377	426	530	630	720	820	920	1020	1220	1320	219	325	426	530	630	820	920	1020	1120	
α	120	180	240	300	360	420	480	540	600	720	840	960	1080	120	180	240	300	360	420	480	540	600	
¹⁵ ЦН15у	132	198	264	360	396	462	528	594	660	792	924	1056	1188	132	198	264	350	396	462	528	594	660	
ЦН11	96	144	192	210	288	336	384	432	480	576	672	768	864	96	144	192	240	288	336	384	432	480	
ЦН24	-	-	444	555	666	777	888	999	111	1332	1534	1776	1998	-	-	444	555	666	777	880	994	1110	
β	132	184	236	294	346	398	450	502	560	660	768	872	988	248	352	456	568	672	776	880	984	1096	
α _г	150	200	200	200	200	300	300	300	300	300	300	500	500	200	200	300	300	300	300	300	300	500	
ℓ	220	320	420	524	624	724	824	924	1028	1228	1428	1628	1836	344	496	648	808	960	1112	1264	1416	1576	
Н	ЦН15	1155	1795	2334	2755	3314	3872	4432	4992	5553	6670	7790	8927	10030	1396	1955	2674	3235	3794	4352	5072	5792	5353
	ЦН15у	906	1420	1852	2130	2560	2990	3438	3866	4303	5170	6040	7227	7780	1096	1580	2074	2510	3044	3477	4072	4667	5103
	ЦН11	1130	1756	2300	2688	3234	3779	4324	4870	5420	6510	7600	9012	9787	1370	1916	2620	3168	3714	4259	4964	5761	6219
	ЦН-24	-	-	2145	2496	3003	3510	4018	4525	5034	6048	7063	8397	9095	-	-	2465	2976	3483	3990	4658	5325	5834
Н ₁	ЦН-15	1591	2454	3226	3801	4561	5343	6122	6895	7624	9188	10690	12572	13755	1914	2720	3693	4473	5272	5123	7081	8040	8844
	ЦН15у	1347	2019	2726	3182	3807	4468	5122	5770	6374	7688	8940	10572	11505	1664	2345	3193	3848	4522	6248	6081	6915	7594
	ЦН-11	1560	2400	3154	3717	4449	5200	5978	6733	7444	8912	10438	12214	13431	1878	2666	3621	4303	5164	5897	6937	7878	8664
	ЦН-24	-	-	2106	2657	4317	5133	6882	6625	1324	8828	10220	12092	13215	-	-	3573	4323	5092	5913	6841	7770	8544
Н _{общ}	ЦН-15	2169	3256	4240	4850	5800	6733	7756	8750	9555	11578	13370	15120	17435	2594	3735	5011	6045	7072	8208	9559	10350	11794
	ЦН-15у	1970	2931	3740	4225	5060	6930	5154	7525	8395	10138	11670	13410	15235	2444	3360	4311	5424	6322	7333	8569	9885	10544
	ЦН-11	2136	3190	4150	4728	5666	6377	7576	8547	9332	11010	13054	15161	17030	2558	3680	4713	5956	6964	8088	9425	10768	11674
	ЦН-24	-	-	4171	518	5624	6328	7522	8485	9261	1126	12958	14950	16905	-	-	4870	5890	6812	7952	9330	10170	11094

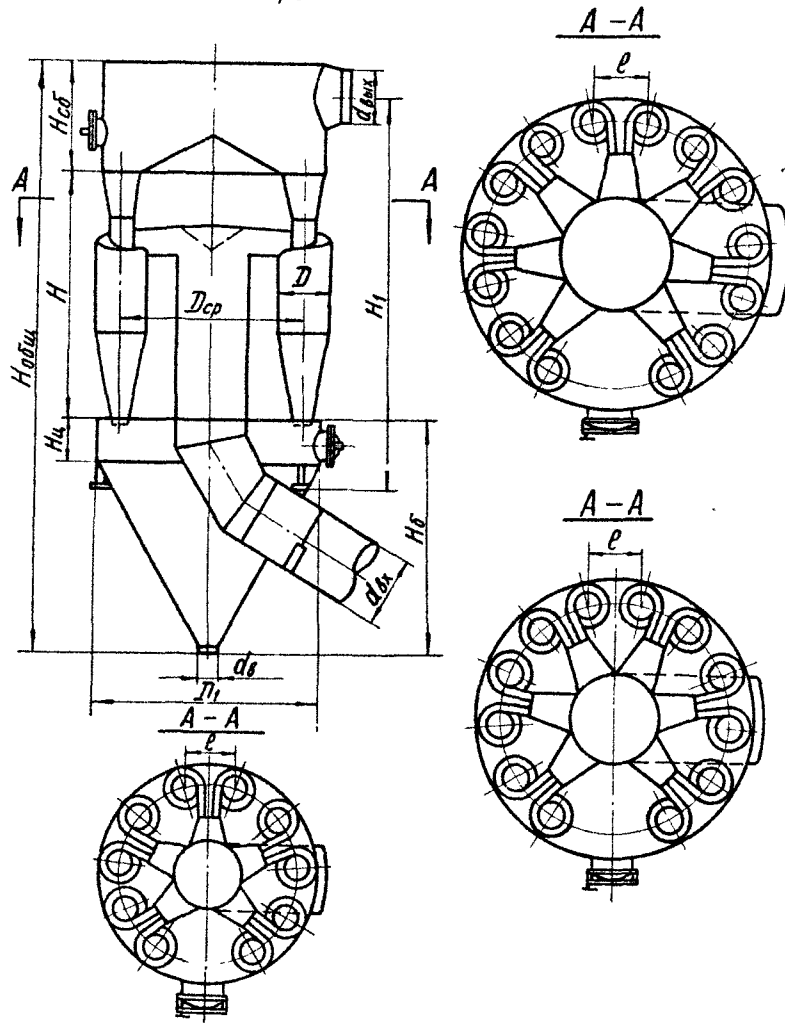
Компоновка циклонов НИИОГАЗ ЦН
по чертежам института Гипрогазоочистка,
группы из 6 и 8 циклонов

Основные размеры в мм



Размеры циклонов	Группа из 6 циклонов										Группа из 8 циклонов								
	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1600	2000	2300	2700	3000	3450	3850	4250	
D	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1600	2000	2300	2700	3000	3450	3850	4250	
A	900	1200	1600	1700	2000	2300	2700	3000	3300	1200	1600	2000	2300	2700	3000	3450	3850	4250	
Б	900	1200	1600	1700	2000	2300	2700	3000	3300	1200	1600	2000	2300	2700	3000	3450	3850	4250	
D _{вых}	273	426	530	720	820	920	1120	1220	1320	325	426	630	720	920	1020	1220	1320	1520	
d	120	180	240	300	360	420	480	540	600	120	180	240	300	360	420	480	540	600	
α	ЦН-15 15У	132	198	264	330	396	462	528	594	660	132	198	264	330	396	462	528	594	660
	ЦН-11	96	144	199	840	288	336	384	432	480	96	144	192	240	288	336	384	432	480
	ЦН-24	—	—	444	555	666	777	888	999	1110	—	—	444	555	666	777	888	999	1110
β	388	562	736	918	1092	1266	1440	1614	1796	492	718	944	1178	1404	1630	1856	2082	2316	
α _Б	200	200	300	300	300	300	300	500	500	200	300	300	300	300	500	500	500	500	
ℓ	484	706	928	1158	1380	1602	1824	2046	2276	588	862	1136	1418	1892	1966	2240	2514	2796	
H	ЦН-15	1366	1885	2444	2885	3404	3924	4482	5002	5623	1485	2045	2605	3125	3685	4202	4882	5542	6103
	ЦН-15У	1116	1510	1944	2260	2654	3049	3489	3877	4373	1235	1670	2105	2500	2935	3327	3882	4417	4853
	ЦН-11	1340	1845	2390	2818	3324	3830	4375	4880	5489	1460	2005	2550	3058	3605	4110	4775	5421	5970
	ЦН-24	—	—	2235	2825	3095	3560	4068	4535	5105	—	—	2395	2866	3373	3840	4468	5075	5585
H ₁	ЦН-15	1990	2795	3630	4340	5117	5880	6785	7555	8435	2200	3035	3930	4700	5595	6368	7389	8320	9218
	ЦН-15У	1740	2420	3130	3715	4367	5005	5485	6430	7185	1950	2660	3430	4075	4045	5493	6389	7195	7965
	ЦН-11	1953	2740	3560	4250	5010	5755	6640	7393	8255	2165	2980	3858	4610	5487	6242	7245	8158	9035
	ЦН-24	—	—	3510	4190	4937	5670	6545	7285	8135	—	—	3810	4550	6415	6158	7150	8050	8915
H _{общ}	ЦН-15	2710	2860	5066	5975	7067	7858	9155	10055	11105	3207	4410	5766	6556	7897	8753	10110	11285	12589
	ЦН-15У	2460	3485	4566	5350	6317	6983	8155	8930	9855	2957	4035	5266	5930	7097	7878	9110	10160	11340
	ЦН-11	2675	3806	4995	5885	6960	7732	9010	9893	10925	3170	4356	5694	6466	7140	8627	9966	11123	12410
	ЦН-24	—	—	4946	5825	6887	7648	8915	9785	10805	—	—	5646	6406	7667	8543	9870	11015	12290

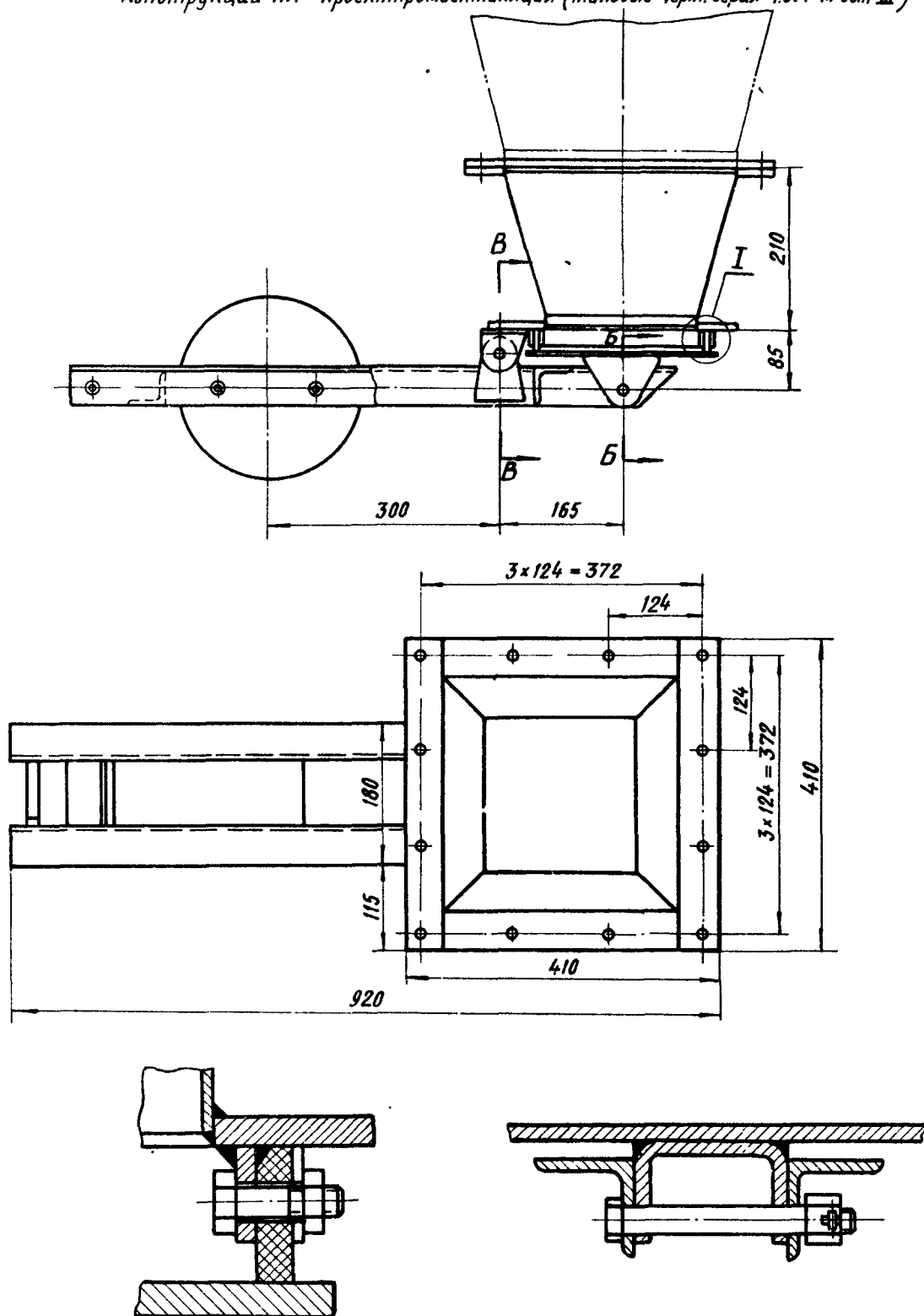
Компоновка циклонов НИИОГАЗ ЦН по чертежам института Гипрогазоочистка,
группы из 10, 12 и 14 циклонов



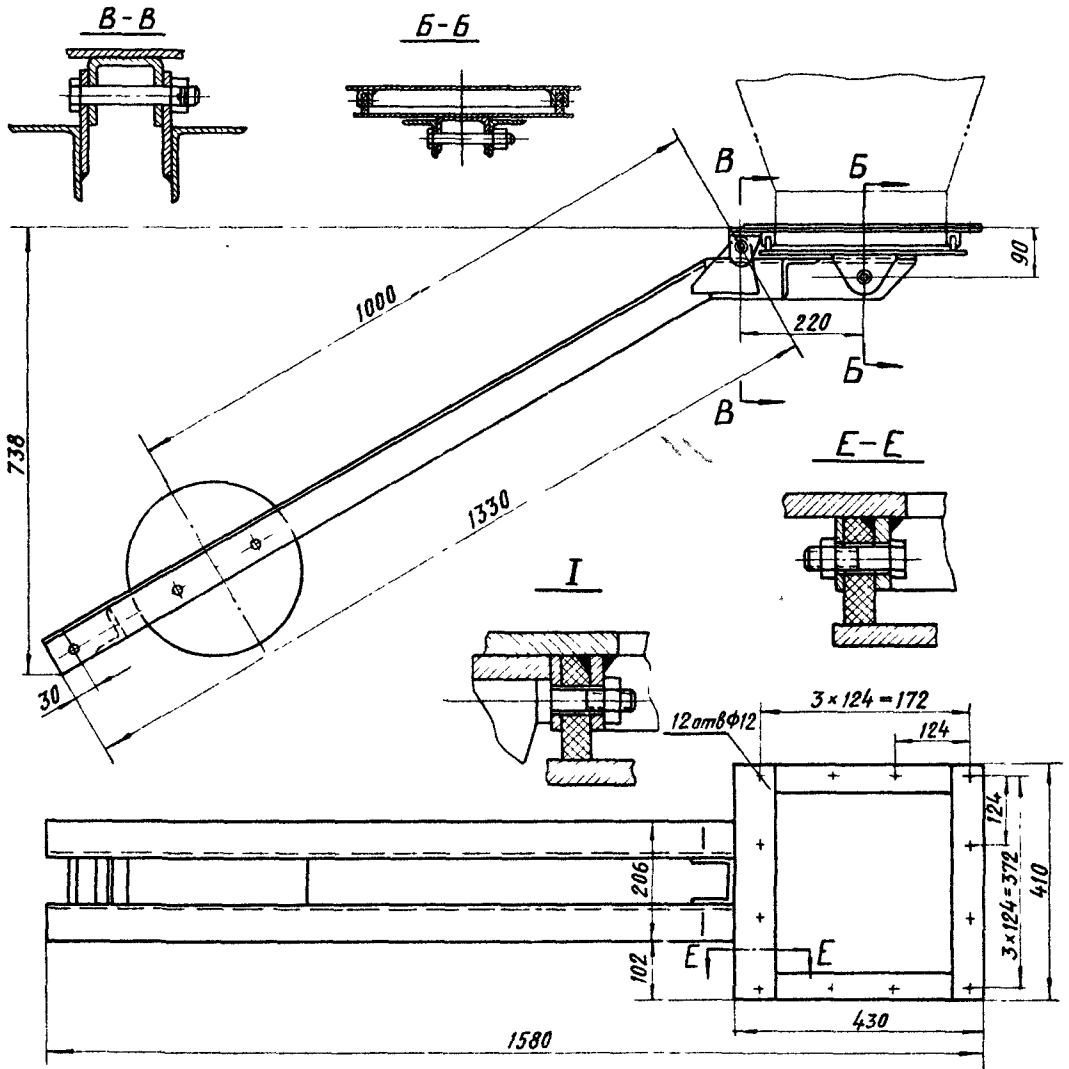
Основные размеры в мм

	Группа из 10 циклонов			Группа из 12 циклонов			Группа из 14 циклонов			
	600	800	1000	600	800	1000	600	800	1000	
D	600	800	1000	600	800	1000	600	800	1000	
$d_{вх}$	920	1220	1520	1020	1320	1420	1120	1520	1820	
$D_{ср}$	2250	3000	3750	2640	3520	4400	3080	4080	5100	
e	630	840	1050	630	840	1050	830	840	1050	
H	ЦН-15	3237	4309	5384	3237	4309	5384	3237	4309	5384
	ЦН-15у	2487	3309	4134	2487	3309	4134	2487	3309	4134
	ЦН-11	3129	4165	5204	3129	4165	5204	3130	4165	5204
$H_{общ}$	ЦН-15	7670	10393	13330	8200	11259	14109	8740	12013	14750
	ЦН-15у	6920	3400	12080	7450	10253	12860	7990	11013	13500
	ЦН-11	7563	10280	13150	8093	11110	13929	8633	11040	14570
H_1	ЦН-15	5452	7140	8864	5587	7334	9090	5727	7550	9240
	ЦН-15у	4692	6140	7614	4837	6334	7840	4977	6550	7990
	ЦН-11	5344	6995	8684	5480	7190	8910	5620	7405	9060
D_1	2800	3800	5000	3200	4500	5500	3600	5000	6000	
$H_б$	2800	3900	5180	3140	4510	5620	3480	4940	6050	
$H_ц$	720	960	1200	720	960	1200	720	960	1200	
$d_б$	500	500	500	500	500	500	500	500	500	
$H_{сб}$	1634	2184	2765	1824	2434	3105	2024	2764	3315	
$d_{вх}$	920	1220	1520	1020	1320	1720	1120	1520	1820	

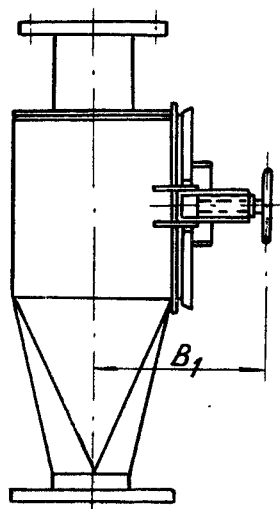
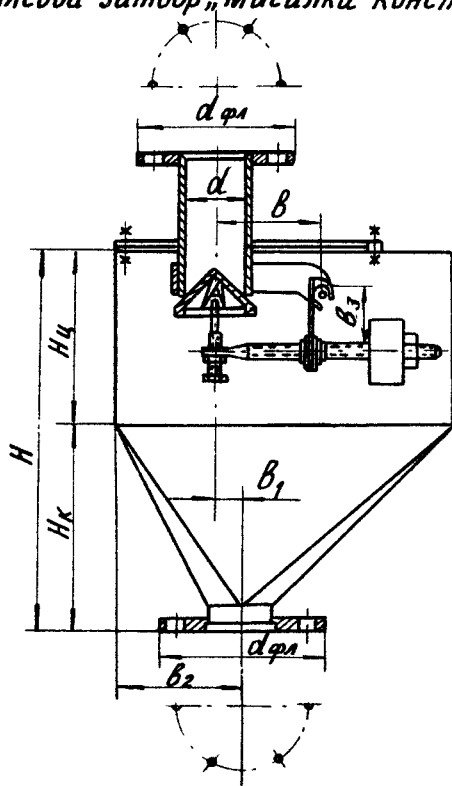
Пылевой затвор к циклонам ЦН-11 типа 1,3Т
 с выходным отверстием 200×200 мм
 конструкции ПИ Проектпромвентиляция (типовые черт. серия 4.904-46 вып III)



Пылевой затвор к циклонам ЦН-11 типа 2,3Т
 с выходным отверстием 300 × 300 мм
 конструкции ПИ Проектпромвентиляция (типовые чертежи серии 4 904.46, Вып. III)

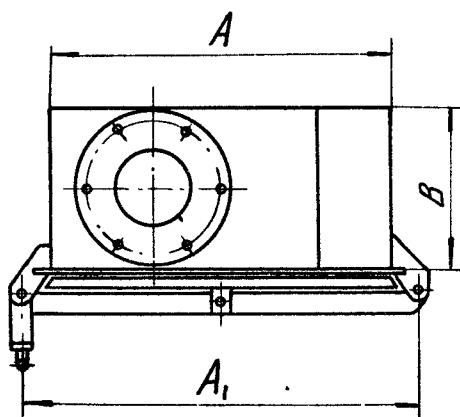


Пылевой затвор „Мигалка“ конструкции НИ Гипрогазоочистка

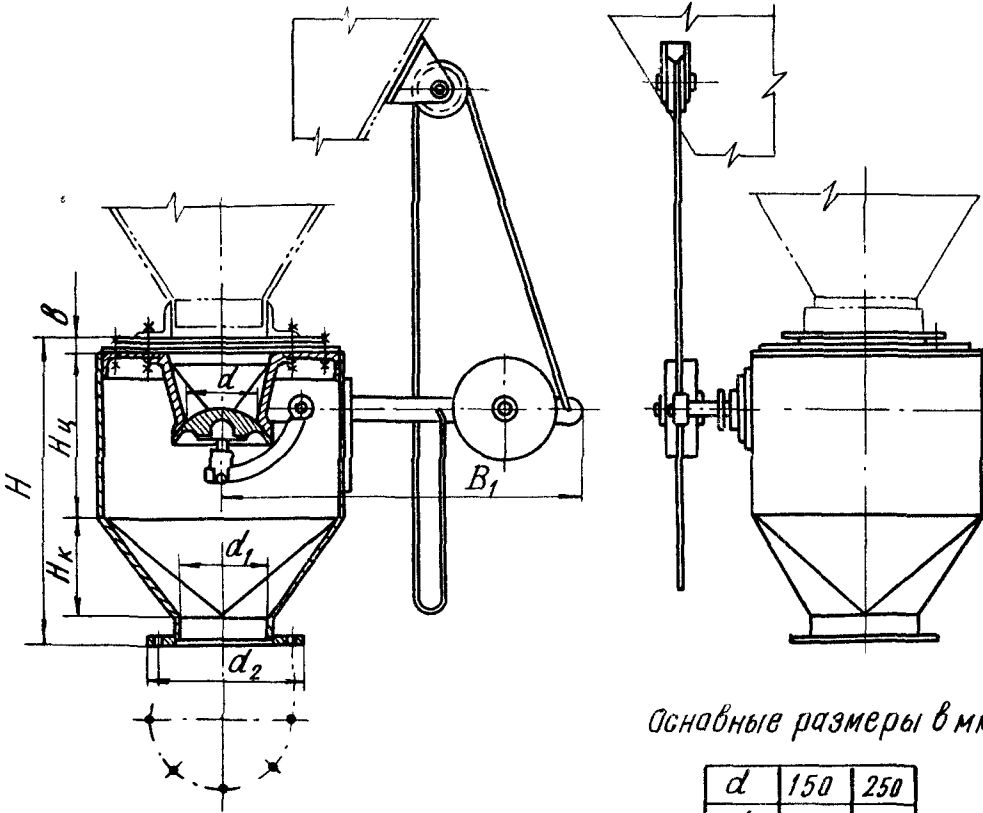


Основные размеры в мм

d	70	100	150	200
$d_{\phi 1}$	160	210	265	320
H	476	460	600	690
H_{κ}	200	200	260	290
H_{ζ}	170	190	240	300
A	340	380	490	600
A_1	390	430	540	650
B	160	210	270	330
B_1	170	190	225	260
b	102	120	150	180
b_1	30	40	50	70
b_2	132	160	195	250
b_3	61	77	100	130

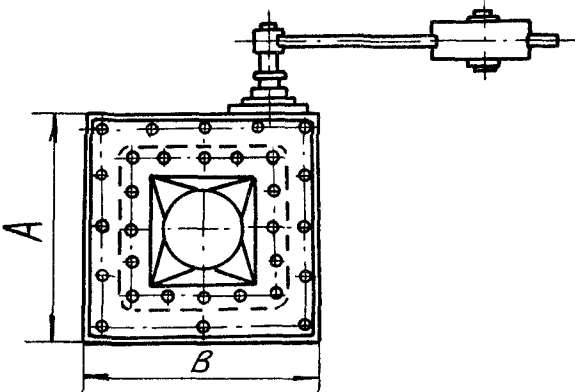


Пылевой конусный затвор

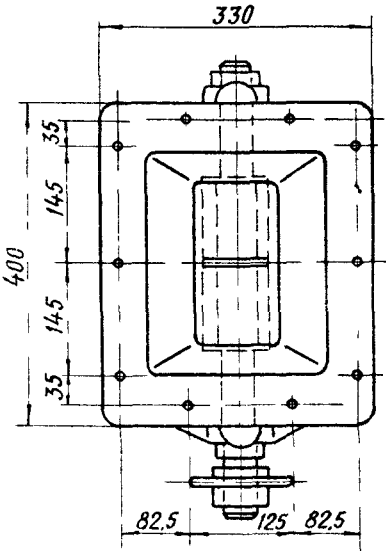
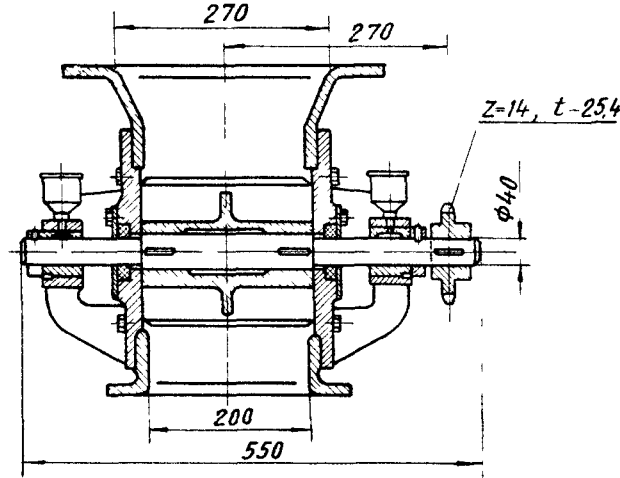
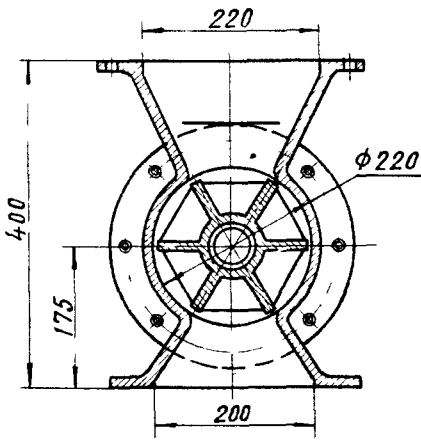


Основные размеры в мм

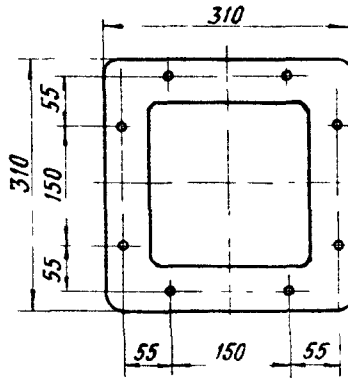
d	150	250
d_1	200	250
d_2	290	350
A	466	566
B	466	566
B_1	710	1225
H	580	666
$H_ц$	320	360
$H_к$	200	240
B	16	16



Шлюзовой затвор 220×270



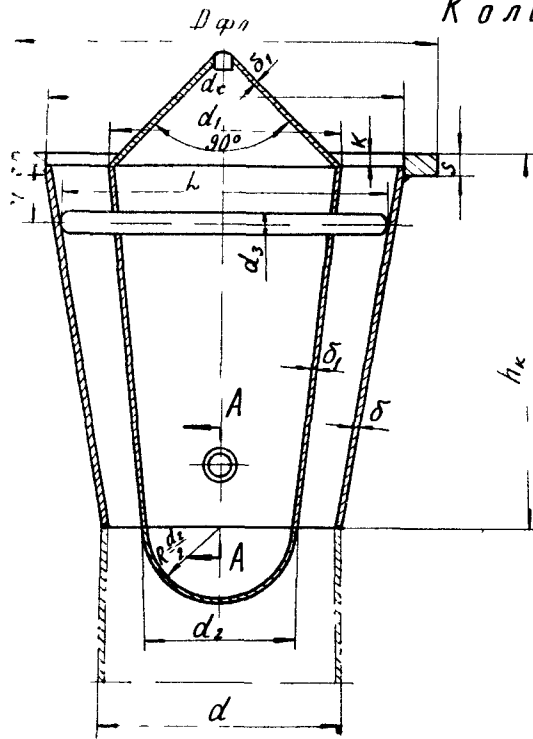
Нижний фланец



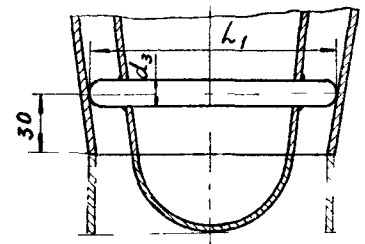
Условия применения

1. Производительность шлюзового затвора - 4,5 л/об
2. Емкость 1 секции - 0,75 л
3. Количество секций - 6
4. Затвор предназначается для непрерывного удаления пыли.

Кольцевой диффузор



A - A



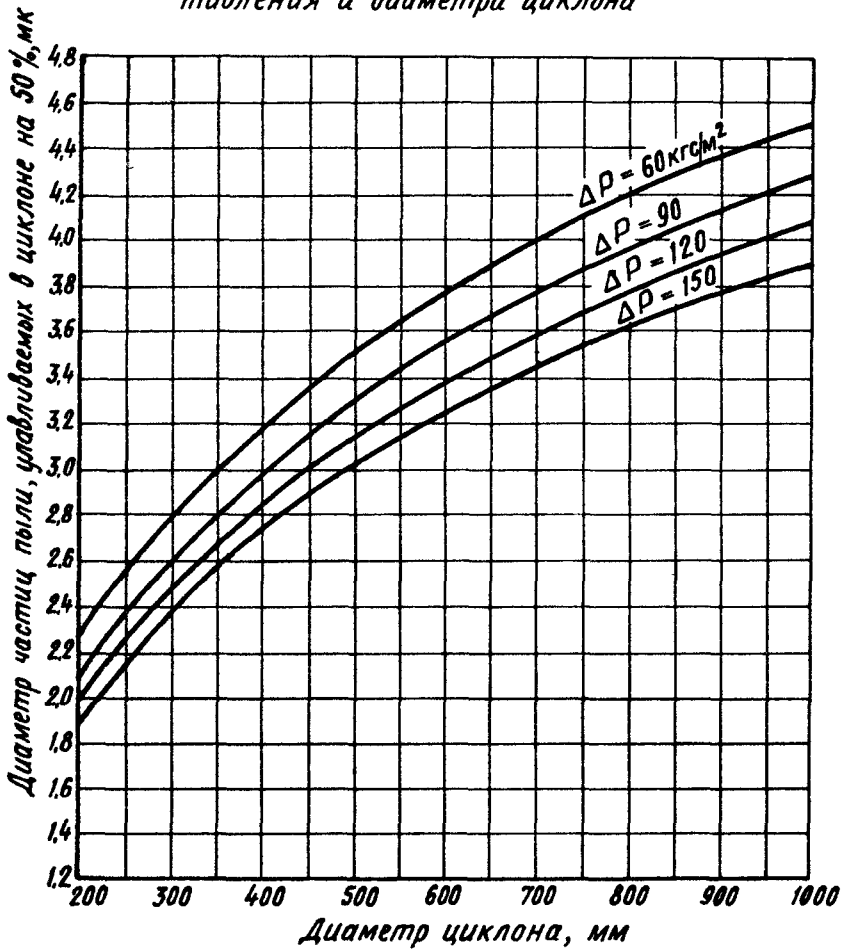
Основные размеры в мм

$D^{\text{д}}$	$d^{\text{хх}}$	h_k	$D_{\phi 1}$	d_k	d_1	d_2	d_3	δ	δ_1	s	k	L	L_1
200	120	185	229	180	116	78	10	4	2	10	5	160	120
300	180	275	312	270	174	117	10	4	2	10	5	250	180
400	240	365	402	360	232	156	10	4	2	10	5	340	240
500	300	456	492	450	290	196	12	5	3	12	6	430	300
600	360	546	582	540	350	234	12	5	3	12	6	520	360
700	420	636	672	630	406	272	12	5	3	12	6	610	420
800	480	726	762	720	464	312	12	5	3	16	6	700	480
900	540	816	852	810	524	350	12	5	3	16	6	790	540
1000	600	906	912	900	582	390	16	6	3	16	8	880	600
1200	720	1088	1122	1080	698	468	16	6	3	20	8	1060	720
1400	840	1268	1302	1260	814	546	16	6	3	20	8	1240	840
1600	960	1448	1482	1440	930	624	20	6	3	20	8	1420	960
1800	1080	1628	1662	1620	1046	702	20	8	3	20	10	1600	1080
2000	1200	1808	1842	1800	1164	780	20	8	3	20	10	1780	1200

д) - внутренний диаметр корпуса циклона
 хх) - наружный диаметр выходной трубы

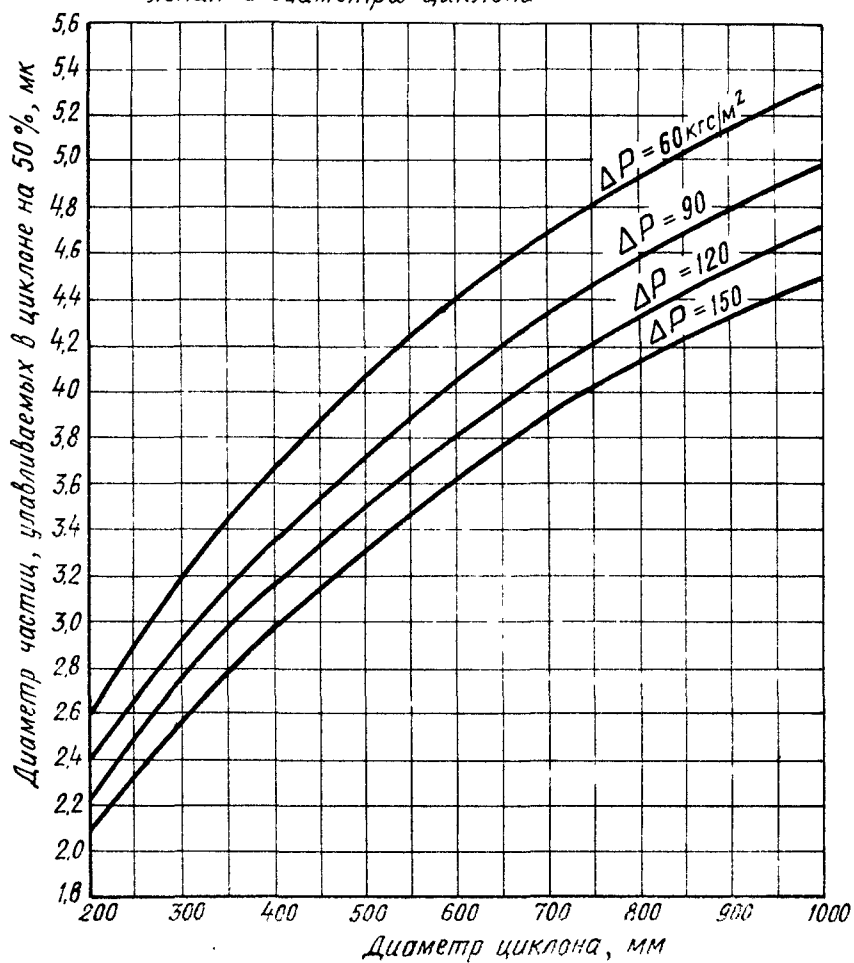
Циклон НИИОГАЗ ЦН-11

Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона



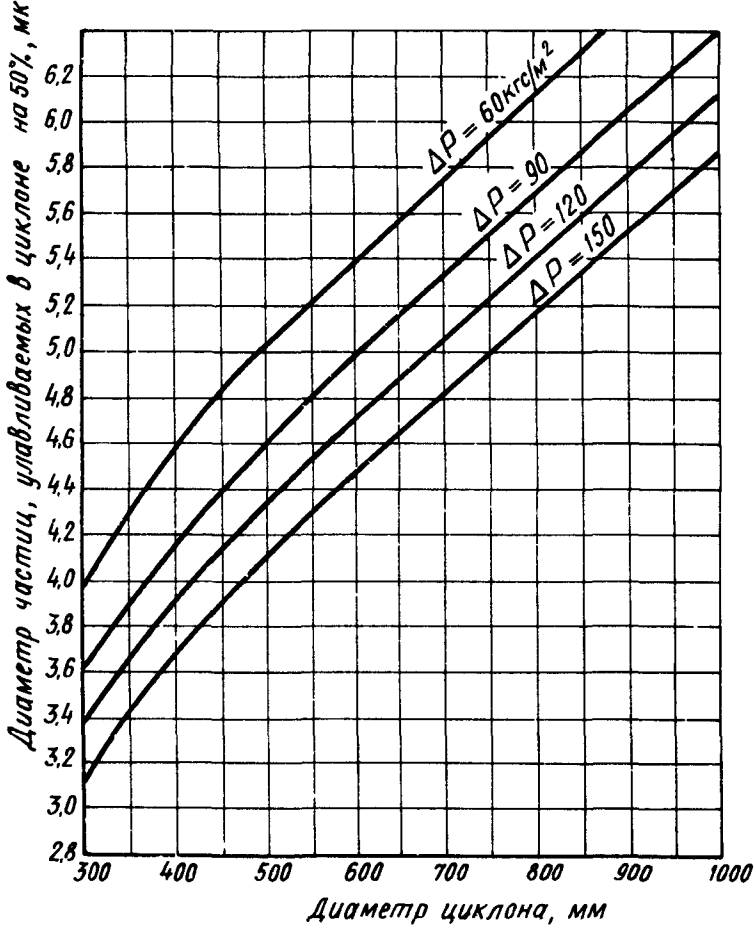
Циклон НИИОГАЗ ЦН-15

Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона



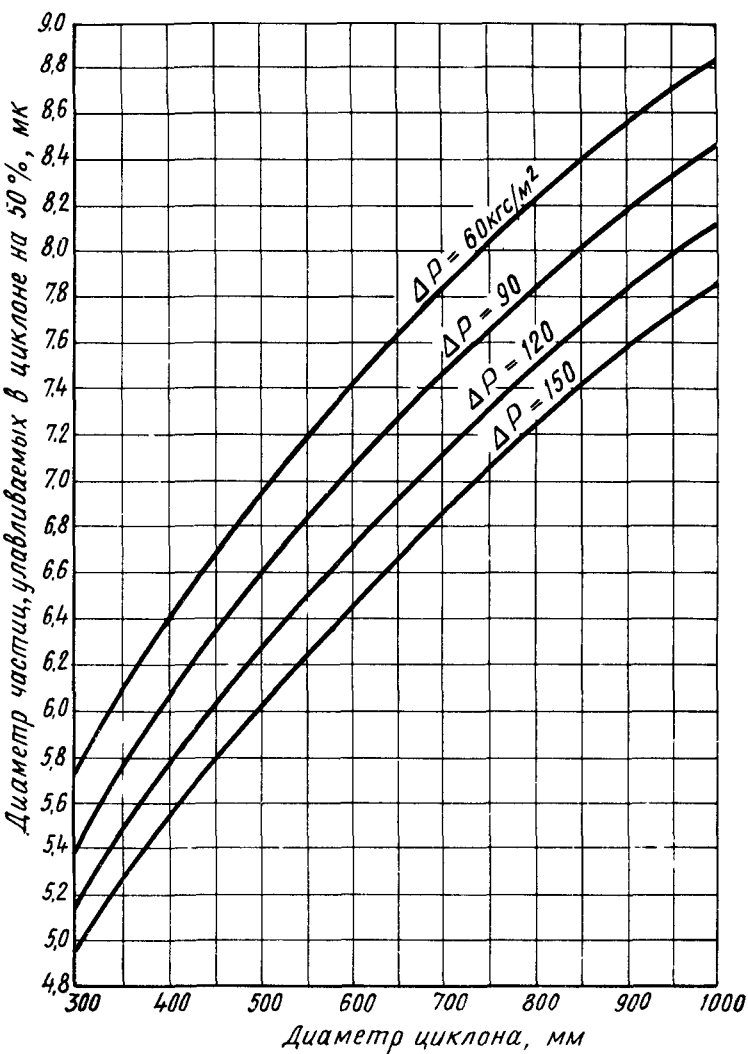
Циклон НИИОГАЗ ЦН-15у

Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона



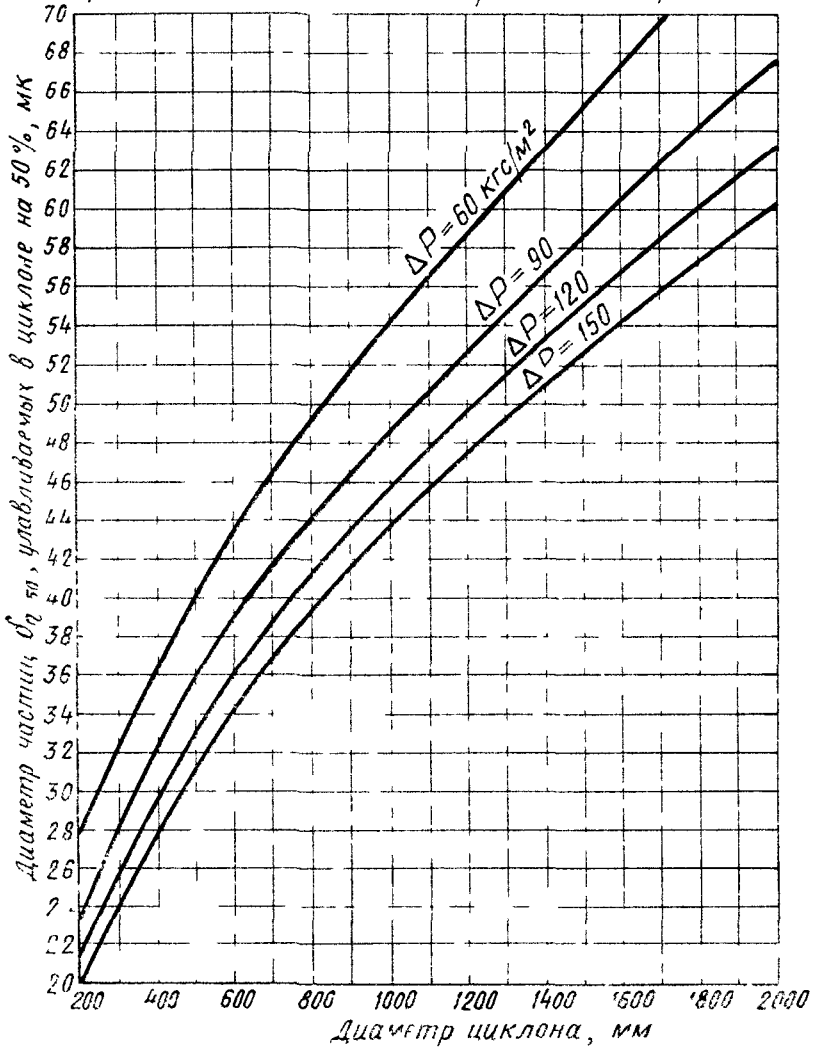
Циклон НИИОГАЗ ЦН-24

Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона



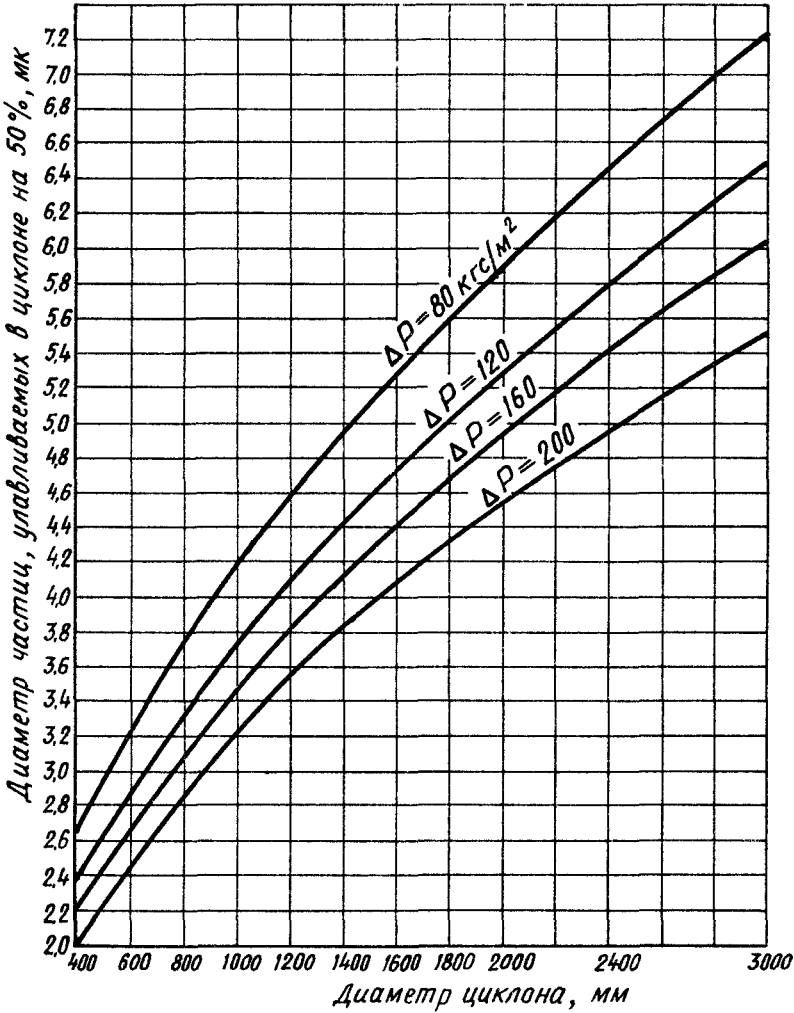
Циклон ЛИОТ

Зависимость диаметра частиц пыли $d_{p, 50}$, улавливаемых на 50%, от диаметра циклона при постоянных значениях гидравлических сопротивлений ΔP

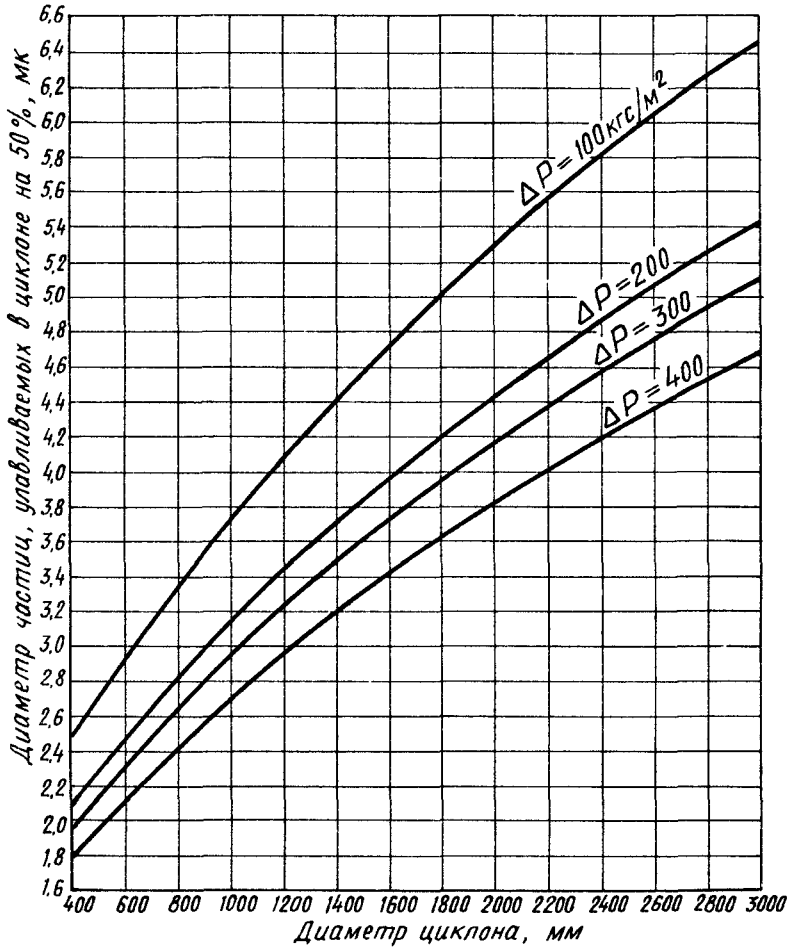


Циклон СДК-ЦН-33

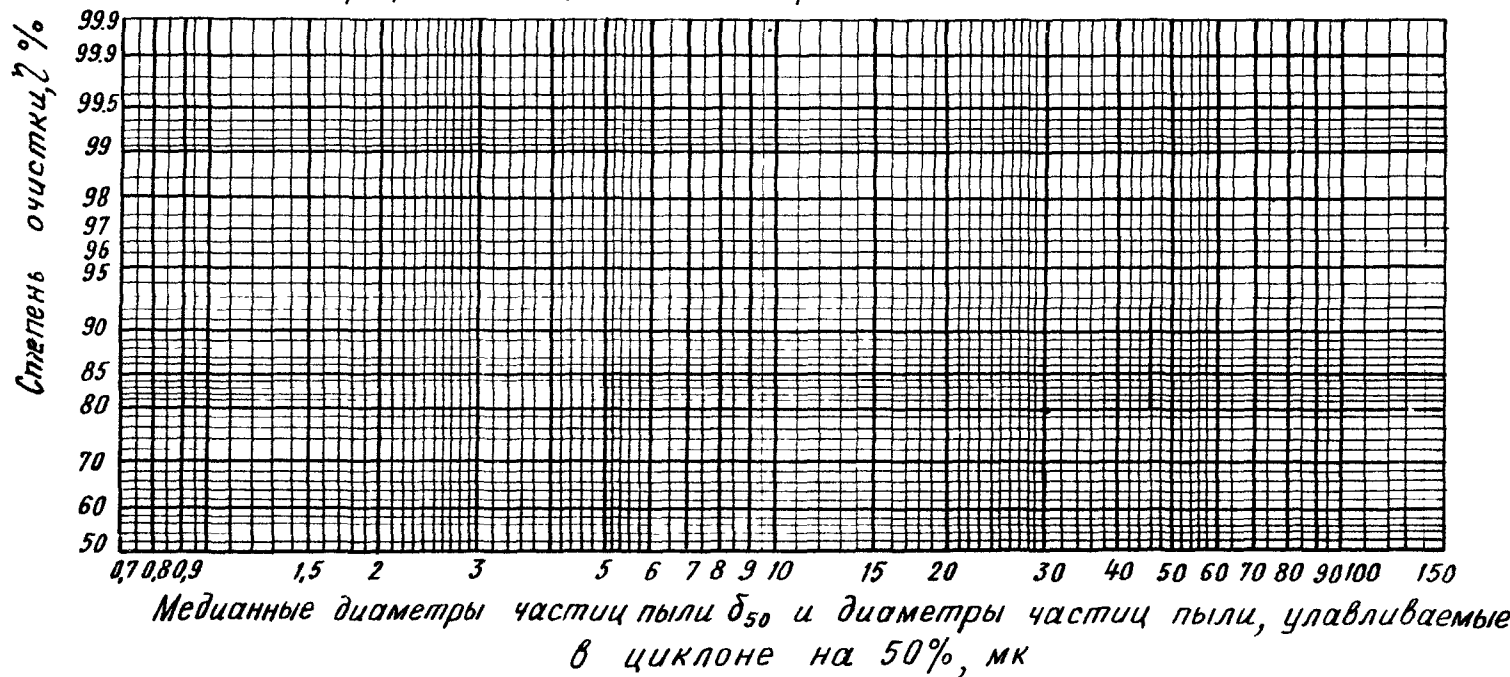
Зависимость диаметра частиц, улавливаемых в циклоне на 50%, от гидравлического сопротивления и диаметра циклона



Циклон СК-ЦН-34
 Зависимость диаметра частиц, улавливаемых
 в циклоне на 50%, от гидравлического сопротив-
 ления и диаметра циклона



Логарифмически вероятностная координатная сетка



Транспортир для проведения
лучевых линий ($b = const$) на
логарифмически вероятностной
координатной сетке (приложение 30)

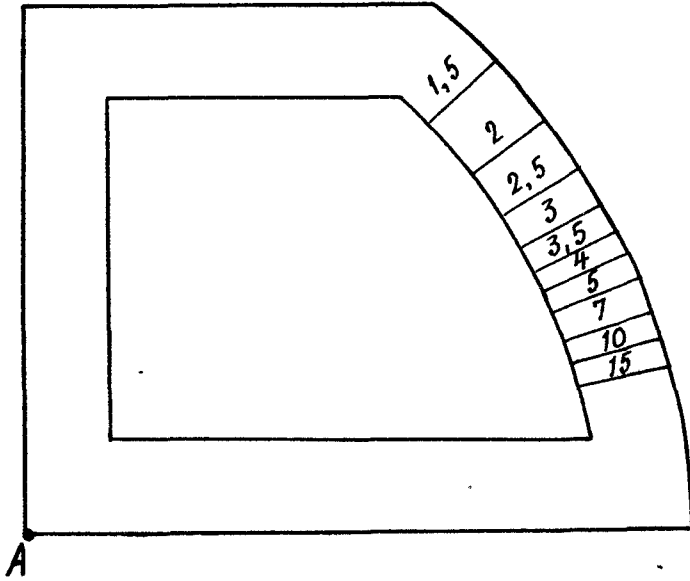


График зависимости вязкости μ и
плотности ρ воздуха от его
температуры

