

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНАТИЕ № 1

РАСЧЕТ ЦИКЛОНОВ

Цель работы: приобретение навыков по выбору и расчета газоочистных аппаратов (циклонов).

Основные положения:

Принцип работы циклона основано на разделении взвешенных частиц от газового потока под воздействием центробежных сил. Центробежный эффект сильнее проявляется у крупных частиц, поэтому циклоны предназначены для грубой механической очистки выбросов от крупной и тяжелой пыли, например, для улавливания золы, образующейся при сжигании топлива в котлах тепловых станций.

Для расчета циклона необходимо иметь следующие исходные данные:

- **объем очищаемого газа Q , м³/с;**
- **плотность газа при рабочих условиях ρ , кг/м³;**
- **вязкость газа при рабочей температуре μ , Па-с;**
- **дисперсный состав пыли d_{50} ;**
- **входная концентрация пыли $C_{вх}$, г/м³;**
- **требуемая эффективность очистки η .**

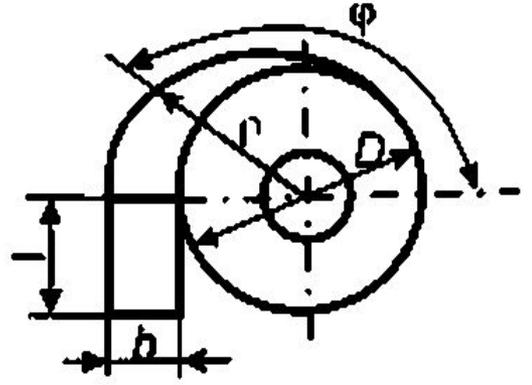
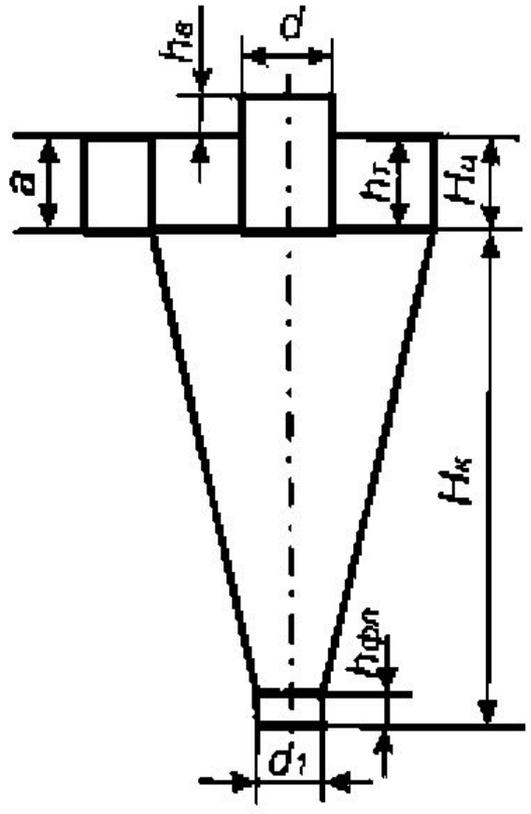
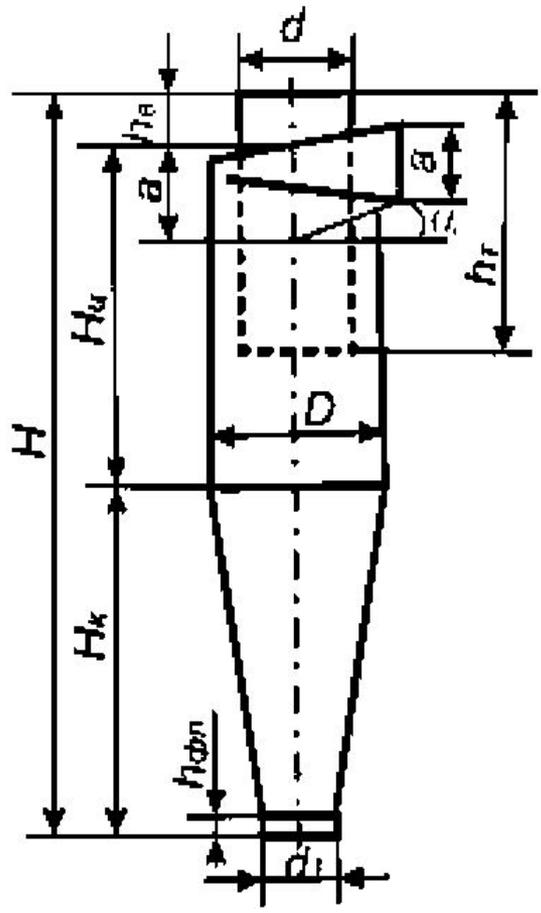
В России принят следующий ряд внутреннего типового диаметра циклонов **D** , мм:

150; 200; 300; 400; 450; 500; 600; 700; 800; 900; 1000; 1200; 1400; 1600; 1800; 2000; 2400; 3000.

Бункеры циклонов имеют цилиндрическую форму диаметром **$1,5D$** для цилиндрических и **$1,2D$** для конических циклонов.

Высота цилиндрической части бункера составляет **$0,8D$** .

Расчет циклонов ведут методом последовательных приближений



Методика расчета

1. Определяют оптимальную скорость движения газа $W_{\text{опт}}$ в зависимости от типа циклона (табл. 1).

Таблица 1
Оптимальная скорость движения газа $W_{\text{опт}}$ в зависимости от типа циклона

Тип циклона	ЦН-24	ЦН-15	ЦН-11	СДК- ЦН-33	СК-ЦН-34	СК- ЦН-34М
$W_{\text{опт}}$, м/с	4,5	3,5	3,5	2,0	1,7	2,0

2. Рассчитывают диаметр циклона:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot W_{\text{опт}}}} \quad (1)$$

3. Рассчитывают действительную скорость потока в циклоне:

$$w = 4Q / \pi N D^2, (2)$$

где N - число циклонов.

Значение w не должно отклоняться от $W_{\text{опт}}$ более чем на 15 %.

4. Рассчитывают коэффициент гидравлического сопротивления:

$$R = k_1 * k_2 * R_{500} \quad (3)$$

где k_1 и k_2 - поправочные коэффициенты, зависящие от D , $C_{вх}$ и типа циклона (табл. 2 и 3);
 R_{500} - коэффициент гидравлического сопротивления при $D=500$ мм (табл. 4).

Таблица 2 Значения k_1 при различных D и типов циклонов

Тип циклона	D , мм				
	150	200	300	450	>500
ЦН-11	0,94	0,95	0,96	0,99	1,0
ЦН-15, ЦН-24	0,85	0,9	0,93	1,0	1,0
СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34 и 34М	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблица 3 Значения k_2 при различных $C_{вх}$ и типов циклонов

Тип циклона	$C_{вх}$, г/м ³						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11		0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	-
ЦН-15		0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-24		0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК-ЦН-33		0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК-ЦН-34		0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК-ЦН-34М	Таблица 4. Значения R_{500} в зависимости от типов циклонов					-	-

Тип циклона	Выхлоп в:		Тип циклона	Выхлоп в:	
	атмосферу	гидр.сеть		атмосферу	гидр.сеть
ЦН-11	245	250	СДК-ЦН-33	520	600
ЦН-15	155	163	СК-ЦН-34	1050	1150
ЦН-24	75	80	СК-ЦН-34М	-	2000

5. Рассчитывают значение гидравлического сопротивления:

$$\Delta P = P_{\text{ВХ}} - P_{\text{ВЫХ}} = \frac{1}{2} R \rho_{\Gamma} W^2 \quad (4)$$

6. Определяют эффективность очистки:

$$\eta = 0,5 * (1 + \Phi(x)), \quad (5)$$

где $\Phi(x)$ - табличная функция параметра x (табл. 5 и 6)

$$X = 0.8 \lg (d_{50} / d_{T50}) \quad (6)$$

Таблица 5 Значение d_{T50} в зависимости от типа циклона

Тип циклона	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-24	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34М
d_{T50}	8,5	4,5	3,65	2,31	1,95	1,3

Таблица 6 Значение $\Phi(x)$ в зависимости от параметра x

x	-2,7	-2,0	-1,6	-1,4	-1,2	-1,0	-0,8	-0,6	-0,2
$\Phi(x)$	0,004	0,023	0,055	0,081	0,115	0,159	0,212	0,274	0,421
x	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,2	1,6	1,8	2,7
$\Phi(x)$	0,5	0,579	0,655	0,726	0,788	0,885	0,964	0,964	0,997

Значение d_{50} определяется по формуле:

$$d(50) = d(\tau 50) \sqrt{\frac{D}{D\tau} \frac{\rho_{чТ}}{\rho_{ч}} \frac{\mu_{Т}}{\mu} \frac{w_{Т}}{w}}$$

$$d_{50} = d_{\tau 50} \cdot \sqrt{\frac{D}{D_{\tau}} \cdot \frac{\rho_{чТ}}{\rho_{ч}} \cdot \frac{\mu_{\tau}}{\mu} \cdot \frac{w_{\tau}}{w}}, \quad (7)$$

где $\rho_{ч}$ - плотность частицы; μ - вязкость среды; w - скорость потока; $D_{\tau}=600$ мм; $\rho_{чТ}=1930$ кг/м³; $\mu_{\tau}=22,2 \cdot 10^6$ Па*с; $w_{\tau}=3,5$ м/с (индекс «Т» означает типовое значение параметра).

7. Осуществляют выбор циклона. Если расчетное η меньше требуемого, то необходимо выбрать другой циклон с большим гидравлическим сопротивлением **R**.

$$\frac{R_1}{R_2} = \left(\frac{1 - \eta_1}{1 - \eta_2} \right)^2 \cdot \frac{w_1}{w_2} \cdot \frac{D_1}{D_2}, \quad (8)$$

8. Рассчитывают конструкционные размеры циклона (табл. 7) в соответствии с диаметром **D** выбранного циклона:

$$x = k \cdot D, \quad (9)$$

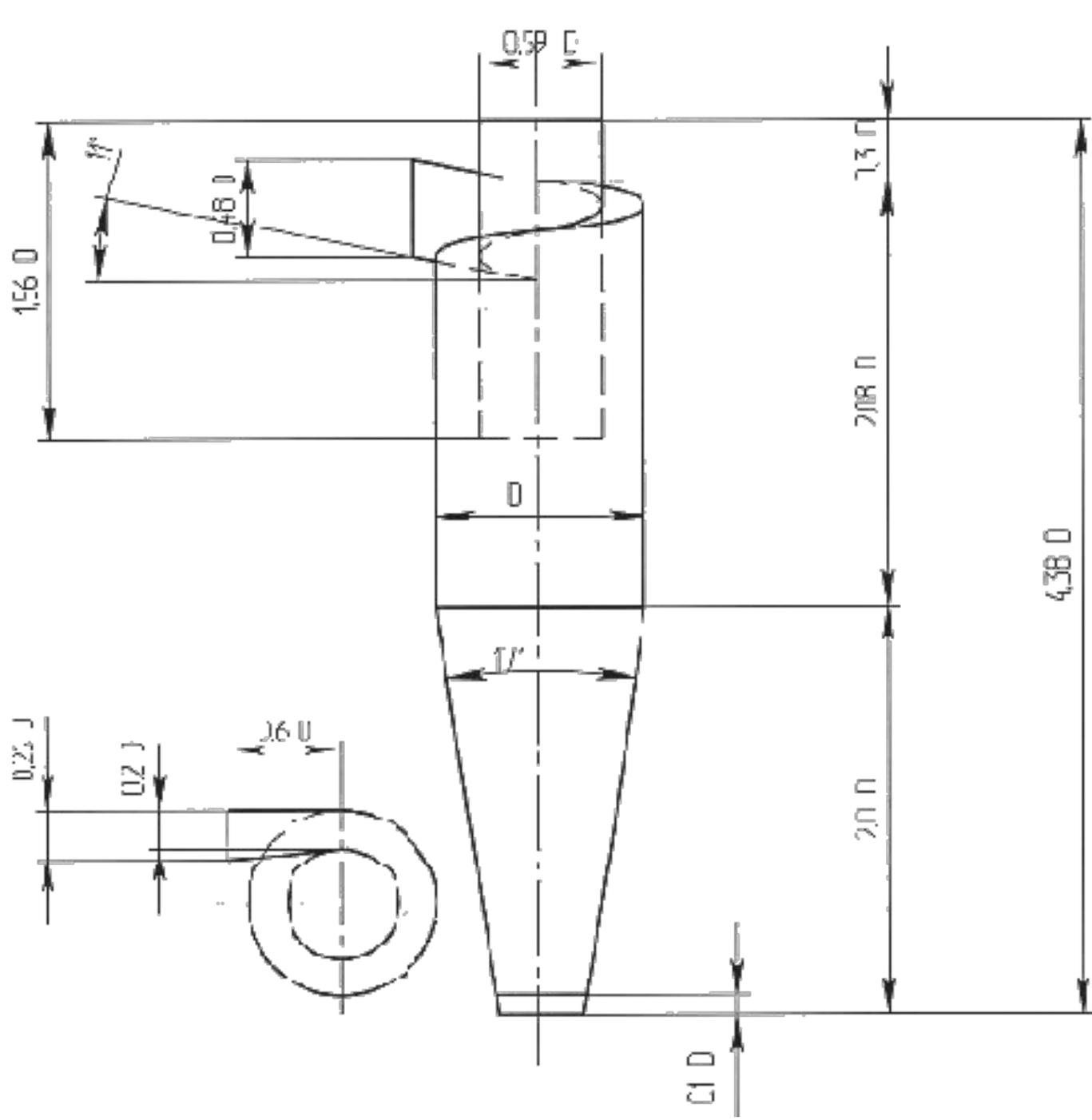
где x - параметр циклона (диаметр, ширина, высота); k - коэффициент пропорциональности (табл. 7).
Радиус улитки:

$$r = D/2 + b\varphi/2\pi, \quad (10)$$

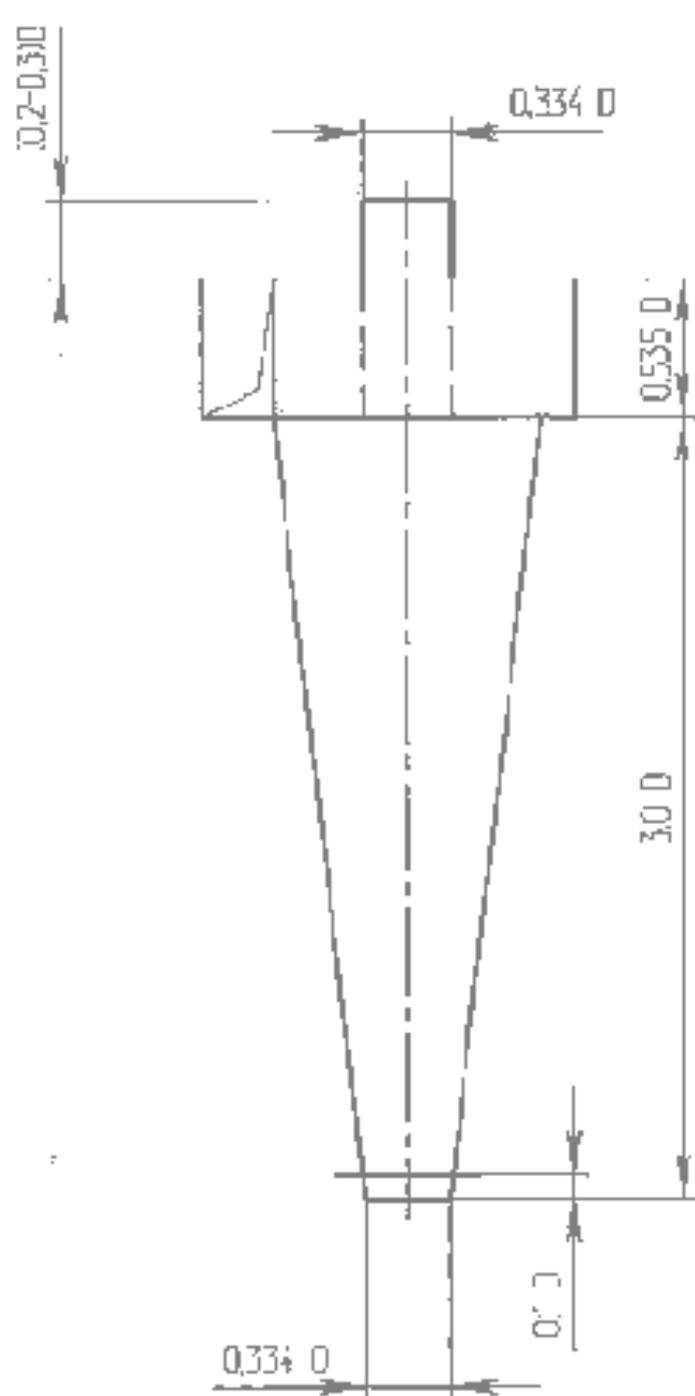
где b - ширина входного патрубка; $\varphi = 135^\circ = 2,35$ рад.

Параметр	Тип циклона					
	ЦН-11	ЦН-15	ЦН-24	СДК- ЦН-33	СК-ЦН-34	СК-ЦН-34м
1	2	3	4	5	6	7
Диаметр выхлопной трубы d	0,59			0,334	0,34	0,22
Диаметр пылевыпускного отверстия d₁	0,3-0,4			0,334	0,23	0,18
Диаметр входного патрубка b	0,2			0,264	0,214	0,18
Длина входного патрубка l	0,6					
Высота входного патрубка a	0,48	0,66	1,11	0,535	0,515	0,4
Высота выхлопной трубы (ВТ) h_T	1,56	1,74	2,11	0,535	0,515	0,4
Высота внешней части (ВТ) h_B	0,3	0,3	0,4	0,2-0,3		
Высота цилиндрической части H_ц	2,06	2,06	2,11	0,535	0,515	0,4
Высота конуса H_к	2,0	2,0	1,75	3,0	2,11	2,6
Высота установки фланца H_{фл}	0,1					
Общая высота циклона H	4,38	4,56	4,26	3,835	2,925	3,3

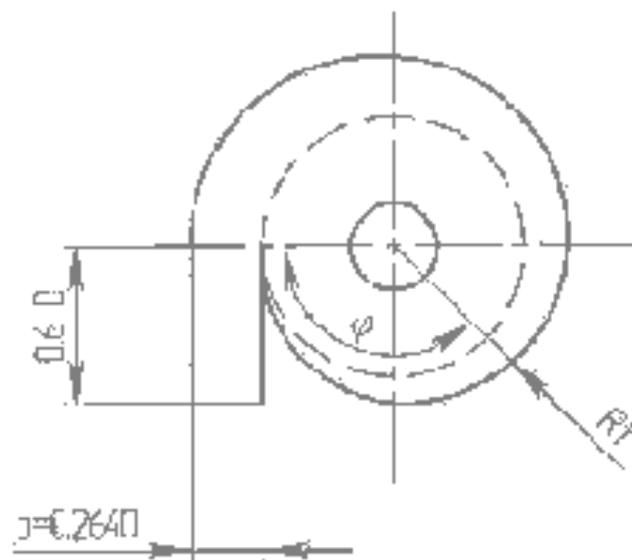
№ вар.	Тип циклона	Q, м ³ /с	Свх, г/м ³	ρ _г , кг/ м ³	ρ _ч , кг/ м ³	μ10 ⁶ , Па-с	η
1	ЦН-11	12	40	1,34	1930	22,2	0,95
2	ЦН-15	17	80	1,36	1650	22,0	0,75
3	ЦН-24	25	20	1,38	1750	21,8	0,90
4	СДК-ЦН-33	8	150	1,33	2130	21,6	0,65
5	СК-ЦН-34	5	80	1,32	2050	21,5	0,75
6	СК-ЦН-34м	1	40	1,31	2100	21,4	0,75
7	ЦН-11	15	120	1,35	2230	22,1	0,65
8	ЦН-15	20	10	1,37	1700	21,9	0,95
9	ЦН-24	30	40	1,39	1900	21,7	0,85
10	СДК-ЦН-33	9	120	1,35	2230	22,0	0,90
11	СК-ЦН-34	7	80	1,37	1700	21,7	0,85
12	СК-ЦН-34м	3	40	1,39	1900	21,7	0,80
13	ЦН-11	10	80	1,24	1900	21,2	0,90
14	ЦН-15	22	20	1,27	1800	22,9	0,85
15	ЦН-24	20	40	1,28	1850	22,8	0,80
16	СДК-ЦН-33	7	140	1,35	2030	21,6	0,85
17	СК-ЦН-34	6	90	1,31	1800	21,7	0,75
18	СК-ЦН-34м	2	35	1,35	1950	21,7	0,90
19	ЦН-11	14	80	1,25	2130	21,1	0,75
20	ЦН-15	16	40	1,26	1750	21,0	0,85
21	ЦН-24	25	80	1,29	1950	22,7	0,85
22	СДК-ЦН-33	8	110	1,30	1930	22,6	0,75
23	СК-ЦН-34	6	75	1,32	1800	21,9	0,80
24	СК-ЦН-34м	2	35	1,28	2000	22,2	0,85



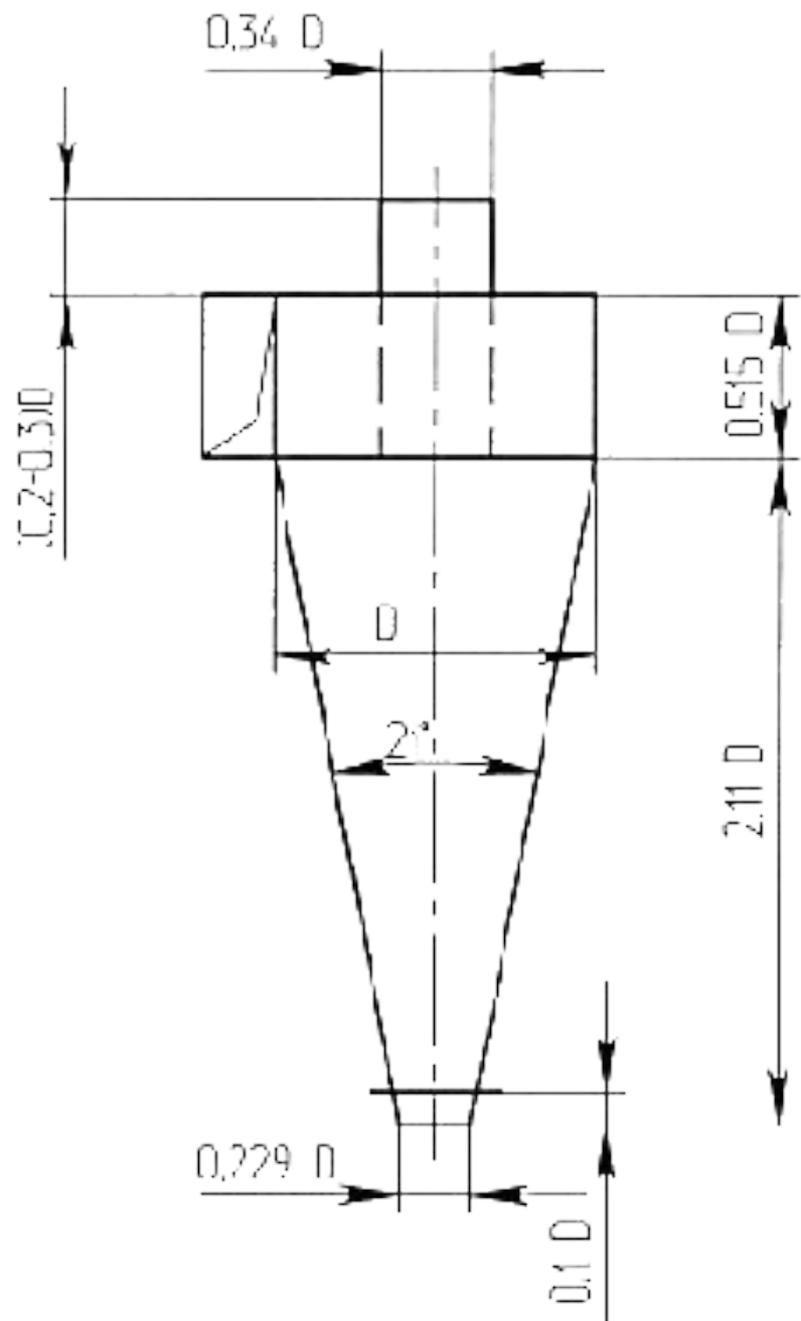
ЦИКЛОН ЦН-11



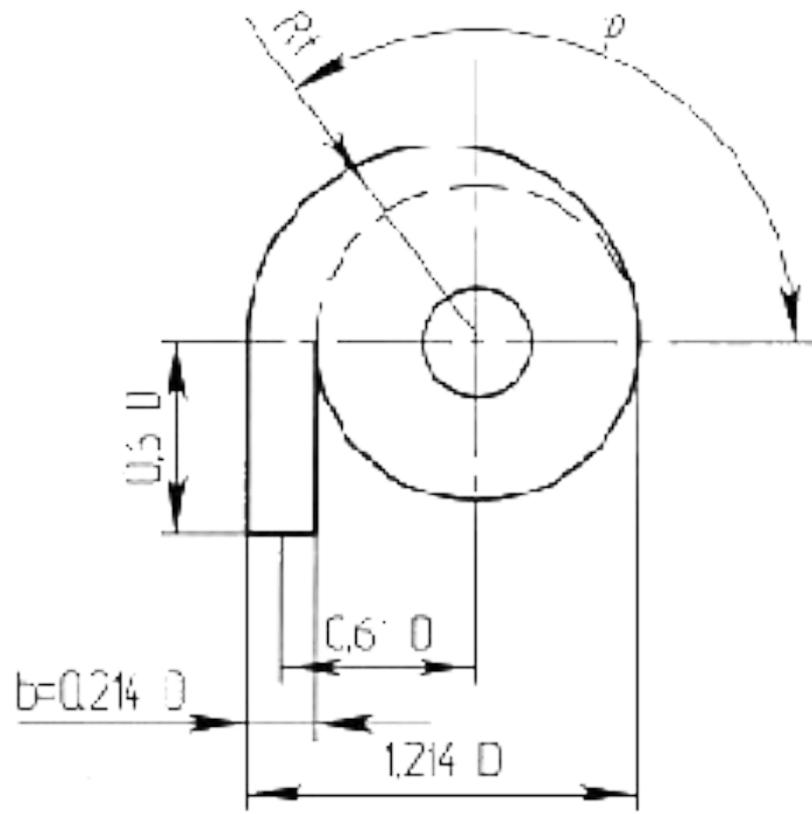
$$r_r = D / 2 + b\varphi / 2\pi$$



**Циклон
СК-ЦН-33**



$$r_T = D / 2 + b_0 / 2\pi$$



**Циклон
СК-ЦН-34**