



Міністерство освіти і науки України

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**

спеціальність 7.06010107
8.06010107

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання розрахунково-графічної роботи
«Підбір циклона та розрахунок ефективності його роботи»
з дисципліни «Очистка вентиляційних викидів»**

Харків 2016

Міністерство освіти і науки України
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Спеціальність 7.06010107
8.06010107

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічної роботи
«Підбір циклона та розрахунок ефективності його роботи»
з дисципліни «Очистка вентиляційних викидів»

Затверджено на засіданні кафедри
ТГВ і ТВЕР.

Протокол № 2 від 27.10.15 р.

Харків 2016

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Підбір циклона та розрахунок ефективності його роботи» для студентів спеціальності 7.06010107 і 8.06010107 «Теплогазопостачання і вентиляція» / Укладачі: О. Ю. Паламарчук, Ю. О. Бурда, Ю. О. Півненко – Харків: ХНУБА, 2016. – 23 с.

Рецензент: Ю. І. Чайка

Кафедра теплогазопостачання, вентиляції і використання теплових вторинних енергоресурсів

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	3
1.2 Принцип роботи циклона.....	8
2 ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ ЦИКЛОНІВ.....	9
2.1 Підбір циклону та розрахунок його ефективності.....	9
2.2 Конструктивний розрахунок циклонів	16
3 ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ ..	20
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	22

ВСТУП

У зв'язку з розвитком промисловості та нових технологій у світі збільшується кількість викидів забруднюючих речовин. Тому з'явилась необхідність більш ретельного догляду за станом оточуючого середовища. Виробничі підприємства мають забезпечити належне очищення всіх промислових викидів, в тому числі і вентиляційних, від забруднюючих речовин.

Основними видами речовин, що підлягають очищенню, є пил, аерозолі та аерогелі, гази, що містять небезпечні компоненти.

Пил — це дрібні тверді тіла органічного чи мінерального походження, що представляють собою частки середнього діаметра 0,005 мм і максимального — 0,1 мм.

Неорганічний пил в промислових газових викидах утворюється при гірських розробках, переробці руди, металів, мінеральних солей і добрив, будівельних матеріалів, карбідів і інших неорганічних речовин. Промисловий пил органічного походження - це, наприклад, вугільна, деревинна, торф'яна, сланцева, і ін.

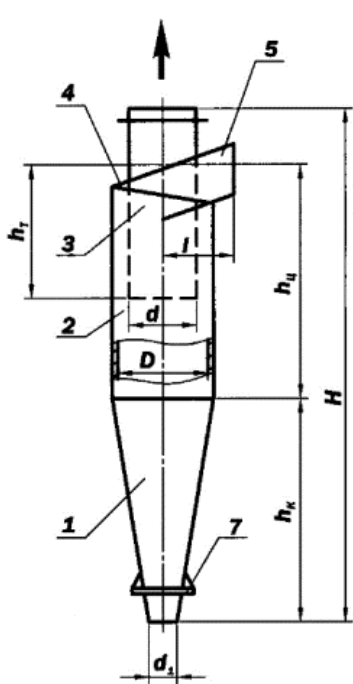
Для очищення газів від пилу найчастіше застосовують такі пиловловлювачі, як циклони. Вони відносяться до групи пиловловлювачів, в яких реалізується сухий спосіб очищення. При цьому методами, що використовуються в них при уловлюванні часток пилу є інерційний, гравітаційний та відцентровий.

Для розрахунку ефективності циклону використовуються методики, засновані на теоретичних та експериментальних дослідженнях. Якнайповніші і достовірніші результати дають експериментальні дослідження циклонів, які проводяться головним чином у фізичних моделях, виконаних з прозорих матеріалів. Дослідження процесів в циклонах проводиться з використанням підфарбовування струменів, лазерної техніки, відеозйомки.

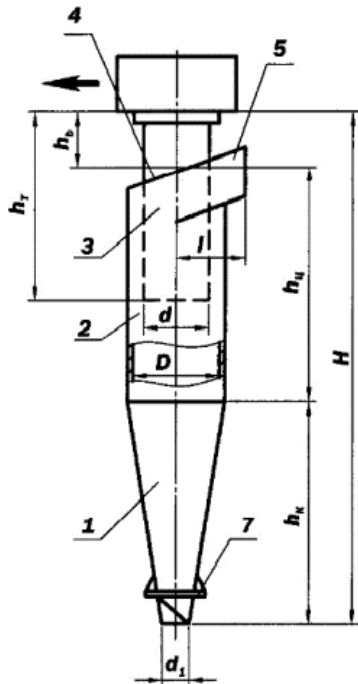
Більш загальні результати і рекомендації можна отримати, використовуючи математичні моделі гідромеханічних процесів в циклоні [1, 2, 3].

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

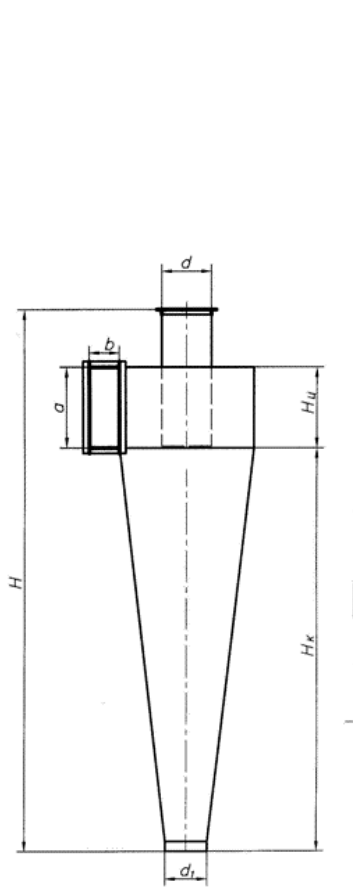
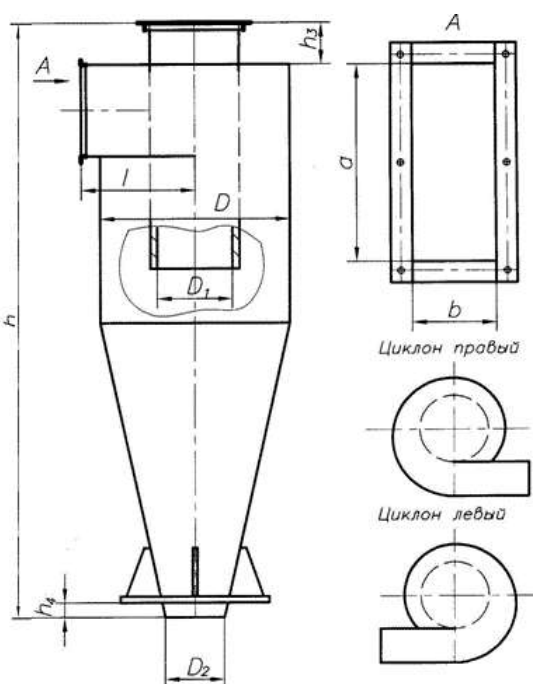
Циклони - найбільш поширені апарати пилоочищення. Вони застосовуються на підприємствах металургії, хімічній і нафтовій промисловості, в енергетиці, деревообробці і інших галузях.



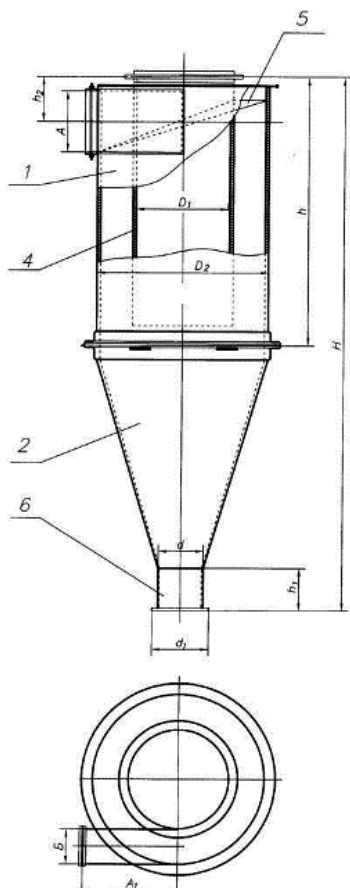
а)



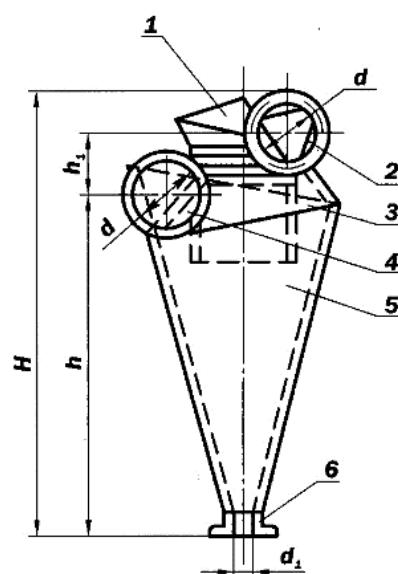
б)



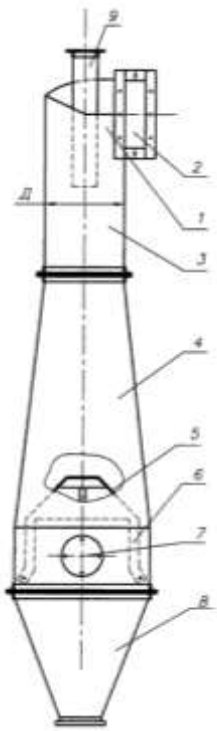
в)



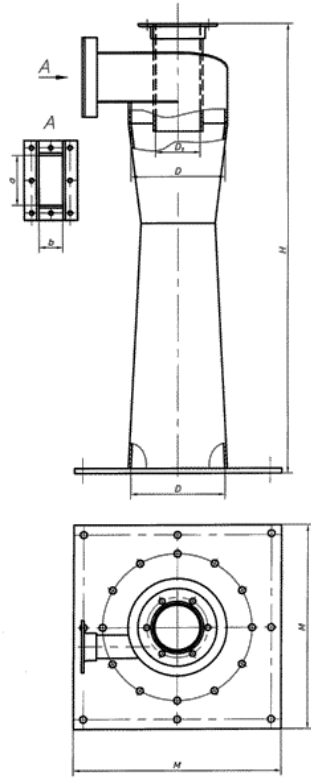
г)



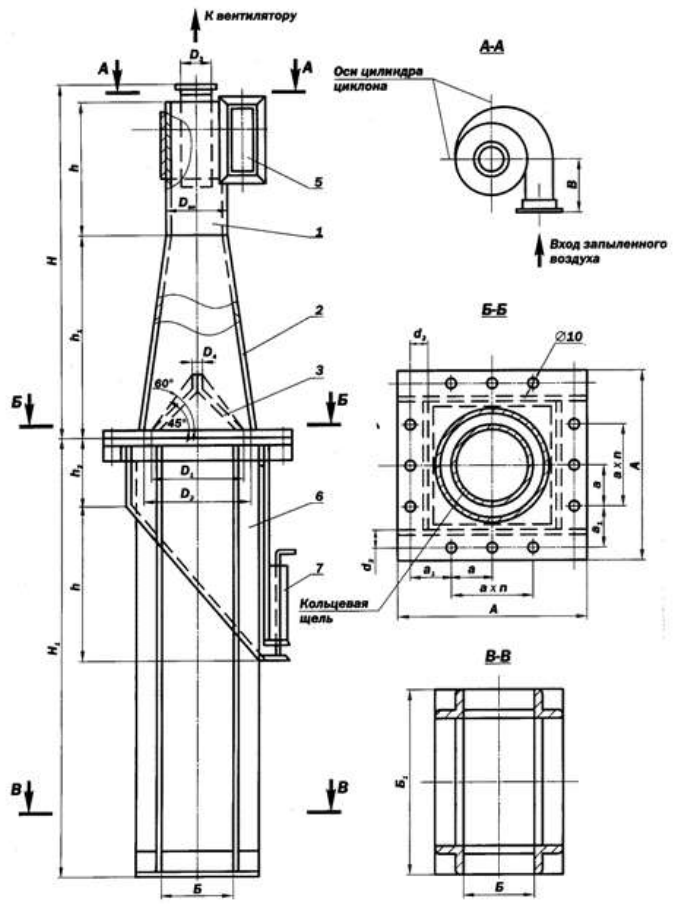
д)



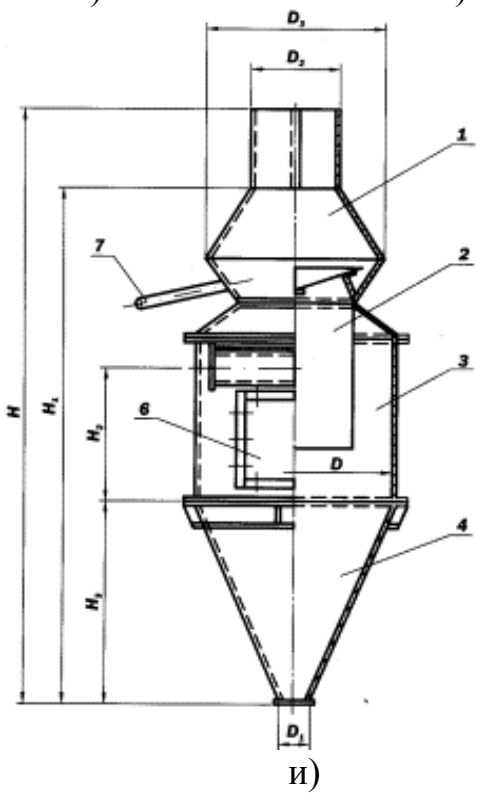
е)



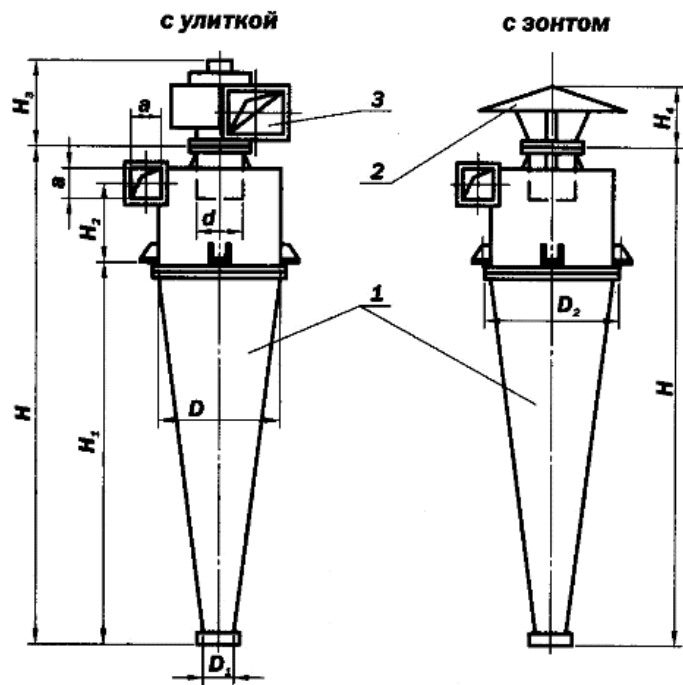
ж)



з)



и)



к)

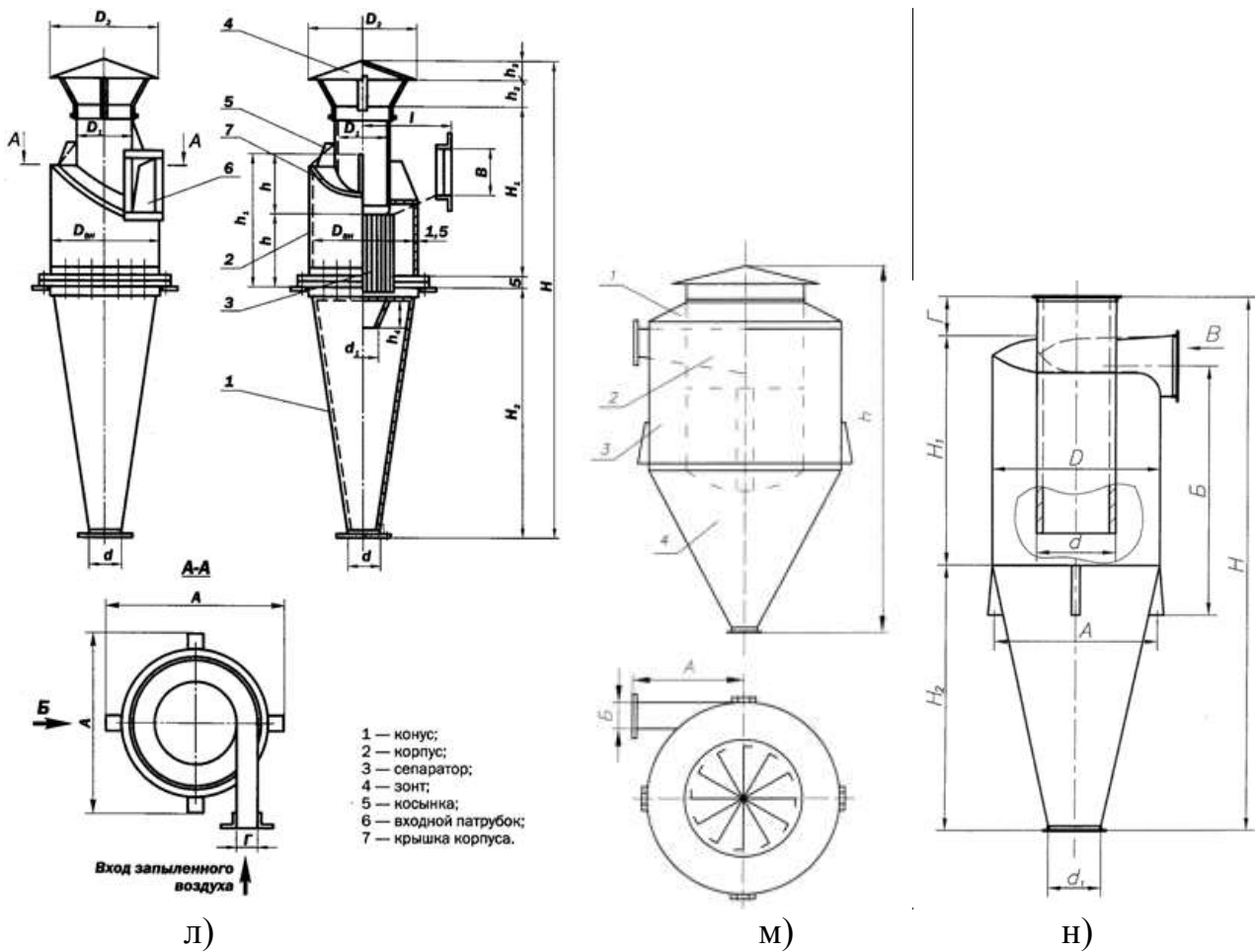


Рис. 1.1 – Циклоны:

а) ЦН – 11, ЦН – 15 (1 – конус, 2 – цилиндр, 3 – вихлопна труба, 4 - гвинтова кришка, 5 – входний патрубок, 6 – улітка, 7 – опорний фланець), б) СЦН-40, в) СДК-ЦН-33, г) ЛИОТ, д) СИОТ, е) ЦМ (1 – верхній вузол, 2 – вихідний патрубок, 3, 4 – циліндрична та конічна частина, 5 – відбійний конус, 6 – хрестовина, 7 – люк, 8 – конічна частина, 9 – вихлопна труба), ж) РИСИ, з) ЦОК, и) Клайпедського ОЕКДМ (1 – головка, 2 – стакан, 3 – корпус, 4 – конус верхній, 5 – конус нижній, 6 – кришка, 7 – трубка зливна), к) УЦ-38, л) ГПРОДРЕВПРОМА, м) ГПРОДРЕВА, н) ЛТА

В таблиці 1 представлені найпоширеніші типи циклонів, що застосовуються для очищення газів від того чи іншого пилу.

Таблиця 1.1 – Характеристики циклонів

Тип циклона	Тип пилу, призначений для очищення в циклонах
Циклони НПОГАЗ для очищення технологічних газів та вентиляційних викидів	
ЦН-11	Зважені частки сухого пилу, що утворюється в помольних та дробильних установках, при транспортуванні сипучих матеріалів та сухої золи
ЦН-15	Сухе очищення газів, що виділяються при деяких технологічних процесах, пов'язаних з сушкою, обжином, агломерацією, згоранням палива і т. п. Очищення аспіраційного повітря. Застосування: підприємства чорної та кольорової металургії, хімічна, нафтова машинобудівна промисловість, енергетика, виробництво будівельних матеріалів
СЦН-40	Очищення газів та аспіраційного повітря від дрібного та середньо дисперсного пилу
Конічні СДК-ЦН-33, СДК-ЦН-34, СДК-ЦН-34М,	Очищення сажегазових та сажеповітряних сумішей від твердих часток в системах пневмотранспорту і аспірації сажевого (технічного вуглецю) виробництва. Абразивний пил та пил, що злипається. Пил каталітичного кренінгу нафтопродуктів
4БЦШ	Середньо дисперсний пил в системах пневмотранспорту і аспірації. Застосовуються на заводах з переробки зерна, на підприємствах харчової промисловості та сільського господарства
Циклони для уловлювання сухого пилу, що не злипається	
СІОТ	Грубе та середнє очищення газів від неволокнистого пилу, та пилу, що не злипається
ЛІОТ	Грубе та середнє очищення газів від сухого, неволокнистого пилу, та пилу, що не злипається
Циклони для уловлювання абразивного пилу	
Зі зворотним конусом ЦМ	Очищення газоподібних викидів від зернистого пилу, відходів подрібнених матеріалів легкої, харчової, поліграфічної промисловості, від пилу, що утворюється при переробці сільськогосподарської продукції, важкого абразивного пилу
РИСИ	Усі види волокнистого пилу, полірувальний пил та відходи лакофарбових покриттів. Застосовуються для очищення повітря від пилу, що утворюється при поліруванні поверхонь

	меблевих та інших деталей з використанням полірувальних паст.
Зі зворотним конусом ЦОК	Пил з підвищеними абразивними властивостями. Допускається застосування для пилю, що злипається, типа сажі і талька.
Циклони для уловлювання відходів деревини	
ОЕКДМ	Призначені для систем пневмотранспорту подрібненої деревини з вмістом пилю: щепи, кори, вологи стружки, сира стружка, сирі опилки
УЦ, УЦ-38	Очищення технологічних викидів деревообробних виробництв від не волокнистого пилю, пилю, що не злипається, а також суміші пилю з сухими опилками та стружкою
ГПРОДРЕВП РОМА серії Ц	Відходи деревини (стружка, опилки, пил деревини)
ГПРОДРЕВА	Застосовуються для грубого та середнього очищення газів від відходів деревини, опилок, стружки та пилю
ЛТА	Крупні частки (щепи, стружка) та вологі дрібні частки (опилки) від станків пилорам, а також крупна щепи в технологічному процесі
Циклони для уловлювання вугільного пилю	
Батарейні типу БЦ-2, ПБЦ	Вугільний пил

Циклони серії ЦН не слід застосовувати для уловлювання волокнистого пилю та пилю, що злипається (особливо при малих діаметрах циклона), для газоподібного середовища, де є крапельно-рідка фаза або можлива конденсація парів.

Циклони зі зворотним конусом не рекомендується застосовувати для осадження пилю, що налипає на стінки повітропроводів та цементуючого пилю.

1.2 Принцип роботи циклона

Принцип роботи циклонів полягає в наступному: газ, що підлягає очищенню, подається в циклон через патрубок, що приєднаний до корпусу циклона тангенціально під кутом $11 - 34^{\circ}$ до горизонтальної лінії. За рахунок тангенціального підводу потік повітря закручується, а за рахунок нахилу патрубка він набуває поступальну швидкість. Сума впливу закручуючого та поступального рухів створює переміщення потоку по гвинтовій траєкторії в межах циліндричного корпусу. В конусній частині потік розвертається та, не припиняючи обертального руху, виходить через трубу.

В процесі обертання дисперсного потоку на частки пилю діє відцентрова сила, і частки переміщуються із приосьової зони в пристінну. При попаданні в пограничний шар поблизу стінок циклона частки пилю під дією гравітаційних

сил та аеродинамічних сил потоку переміщуються донизу та відводяться з циклона через отвір в бункер для збору пилу.

В конусній частині за рахунок зменшення радіуса обертання та зберігання моменту кількості руху швидкість обертання потоку збільшується. При цьому в конусній частині концентрація від сепарованих домішок максимальна.

На частки пилу діє гравітаційна та відцентрова сила. Їх рівнодійна буде направлена нормально до корпусу (рис. 2).

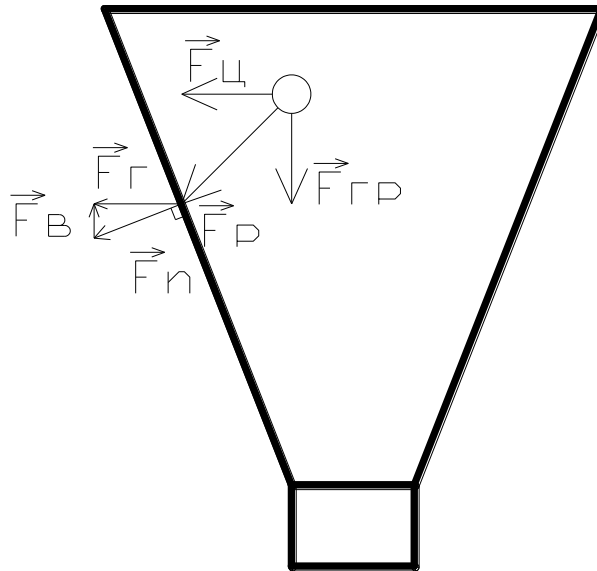


Рис. 1.2 – Конусна частина циклона

Вона розкладається на вертикальну та горизонтальну складову. Вертикальна складова запобігає виносу пилу з конусної частини. Внаслідок цього виникає недолік – знос конусної частини.

В верхній частині циклона зносу підлягає циліндрична частина за рахунок того, що всі частки пилу при вході в циклон ударяються о його корпус.

Переваги циклонів полягають у тому, що у порівнянні з іншими сухими пилоуловлювачами вони мають більш просту конструкцію та більшу пропускну здатність, прості в експлуатації.

2 ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ ЦИКЛОНІВ

2.1 Підбір циклону та розрахунок його ефективності

При розрахунку циклонів визначають його діаметр, гідравлічний опір, коефіцієнт очищення та загальні розміри.

Для розрахунку циклонів необхідно мати наступні вихідні дані:

- витрата газу при робочих умовах, L ;
- густина газу при робочих умовах, ρ_T ;
- коефіцієнт динамічної в'язкості газу при робочій температурі,

μ_t ;

- дисперсний склад пилу, що задається двома параметрами d_m та $lg\sigma_q$;
- концентрація пилу на вході в циклон Z_{BX} ;
- густина пилу ρ_{II} ;
- необхідна ефективність очищення газу.

Розрахунок ведеться методом послідовних наближень [4].

1) Задаємо типом циклона та визначаємо оптимальну швидкість газу v_{opt} в перетині циліндричної частини апарату (табл. 2, 3).

2) Визначаємо необхідну площу перетину циклона, m^2 :

$$F = \frac{L}{v_{opt} \cdot 3600} \quad (1)$$

3) Визначаємо потрібний діаметр циклона за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} \quad (2)$$

або, прийнявши певну кількість циклонів, за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785 \cdot N}}, \quad (3)$$

де N – кількість циклонів.

4) Розраховуємо дійсну швидкість газу в циклоні за формулами:

$$v_d = \frac{L}{3600 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot N} \quad (4)$$

$$\text{або } v_d = \frac{L}{0,785 \cdot N \cdot D^2} \quad (5)$$

Якщо дійсна швидкість газу перевищує оптимальну швидкість більш, ніж на 15 %, то приймають циклон більшого діаметра, або встановлюють групу циклонів меншого діаметра.

5) Приймаємо коефіцієнт гідравлічного опору, що відповідає заданому типу циклона (табл. 3, 4). Загальний гідравлічний опір циклонів складається з наступних втрат: тиску на вході в циклон, кінетичної енергії при обертальному русі повітря, на тертя о стінки циклона та на виході повітря з циклону. Гідравлічний опір циклона оцінюється коефіцієнтом місцевого опору,

що залежить від діаметра циклона, способу його з'єднання з мережею, компоновки циклонів при груповій установці та запиленості повітря. Для циклонів НІОГАЗ вводять уточнюючу поправку.

$$\zeta = k_1 \cdot k_2 \cdot \zeta_{ц500}^{c,п} + k_3 \quad (6)$$

де $\zeta_{ц500}^{c,п}$ - коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклона діаметром 500 мм (табл. 4);

k_1, k_2, k_3 - поправочні коефіцієнти на діаметр циклона, на запиленість газу, на групову установку відповідно (табл. 5, 6, 7).

б) Визначаємо втрати тиску в циклоні

$$\Delta P = \zeta \frac{v_d^2 \cdot \gamma}{2g} \quad (7)$$

7) Визначаємо параметр d_m , якщо він не заданий за умовою (див.

Додаток А).

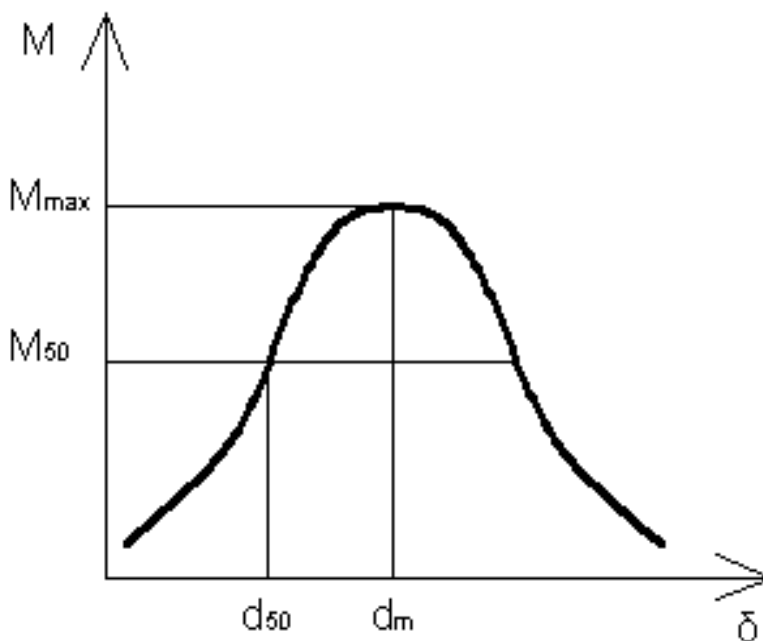


Рис. 2.1 – Графік розподілення пилу за фракційним складом

8) Приймаємо параметри d_{50}^T та $\lg \sigma_{\eta}^T$, що характеризують ефективність роботи обраного типу циклона, та розраховуємо значення параметра d_{50} при робочих умовах (діаметр циклона, швидкість потоку, густина пилу, коефіцієнт динамічної в'язкості газу) за рівнянням:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\left(\frac{D}{D^T}\right) \cdot \left(\frac{\rho_{\Pi}^T}{\rho_{\Pi}}\right) \cdot \left(\frac{\mu}{\mu^T}\right) \cdot \left(\frac{v^T}{v_d}\right)} \quad (8)$$

Індексом «Т» позначені табличні значення параметрів (табл. 2, 3).

9) Визначаємо параметр X за формулою:

$$X = \frac{\lg \frac{d_m}{d_{50}}}{\sqrt{\lg^2 \sigma_{\eta} + \lg^2 \sigma_{\chi}}} \quad (9)$$

10) Визначаємо значення $\Phi(X)$, що являє собою повний коефіцієнт очищення, виражений в долях (табл. 8).

11) Визначаємо кількість пилу, що увійшла в циклон

$$G_{\text{вх}} = L \cdot Z_{\text{вх}} \quad (10)$$

де $Z_{\text{вх}}$ - концентрація пилу в потоці на вході в циклон, г/м³;

L – об'ємна витрата газу, м³/год.

12) Розраховуємо кількість уловленого пилу

$$G_{\text{ул}} = L \cdot \eta \quad (11)$$

де η - ККД в долях одиниць.

13) Розраховуємо, скільки пилу міститься в потоці на виході з циклону

$$G_{\text{вих}} = G_{\text{вх}} - G_{\text{ул}} \quad (12)$$

14) Визначаємо концентрацію пилу на виході з циклона

$$Z_{\text{вих}} = \frac{G_{\text{вих}}}{L} \quad (13)$$

15) Якщо значення $Z_{\text{вих}} < 50$ мг/м³, то розрахунок вважаємо закінченим. Якщо $Z_{\text{вих}} > 50$ мг/м³, то приймаємо рішення про доцільність використання другого ступеня очищення газу або про заміну циклона іншим пиловловлювачем.

По закінченні розрахунку отримане значення ефективності порівнюють з тим, що було задано за умовою. Якщо воно виявиться менше за потрібне, необхідно вибрати інший тип циклона з більшим значенням

коефіцієнта гідравлічного опору. Для наближеного розрахунку необхідного значення ζ можна застосовувати наступну формулу:

$$\zeta_2 = \zeta_1 \left(\frac{100 - \eta_p}{100 - \eta} \right)^2 \frac{v_1}{v_2} \cdot \frac{D_2}{D_1} \quad (10)$$

де індекс «1» відноситься до розрахункових значень, а індекс «2» - до потрібних значень параметрів циклона.

Таблиця 2.1 – Параметри, що визначають ефективність циклонів НІОГАЗ

Параметри	ЦН-24	ЦН – 15у	ЦН – 15	ЦН – 11	СДК – ЦН-33	СК - ЦН-34М	СК - ЦН-34	СІОТ	ВЦНІОТ
d_{50}^T , мкм	8,50	6,00	4,50	3,65	2,31	1,95	1,13	2,6	8,6
$\lg \sigma_\eta^T$	0,308	0,283	0,352	0,352	0,364	0,308	0,340	0,28	0,32
$V_{\text{опт}}$ м/с	4,5	3,5	3,5	3,5	2,0	11,7	2,0	1,00	4,00

Примітка 1: Значення d_{50}^T у таблиці, відповідають наступним умовам роботи циклонів: середня швидкість газу в циклоні $v = 3.5$ м діаметр циклона $D=0,6$ м; густина часток пилу $\rho_{\text{ч}} = 1930$ кг/м³; коефіцієнт динамічної в'язкості газу $\mu_g = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с.

Таблиця 2.2 – Параметри, що визначають ефективність циклонів конструкції ВЦНІОТ та Гіпродревпром

Параметр	Марка циклону			
	СІОТ	ВЦНІОТ	Ц	«Клайпеда»
d_{50}^T , мкм	2,6	8,6	4,12	3,1
$\lg \sigma_\eta^T$	0,28	0,32	0,34	0,25
$w_{\text{опт}}$	1,00	4,00	3,3	1,1
ξ	1400	75	210	1300

Примітка: значення d_{50}^T , що наведені в таблиці, відповідають наступним умовам роботи циклонів: середня швидкість газу в циклоні $v_{\text{опт}}$; діаметр циклона $D^T=0,6$ м; густина часток пилу $\rho_{\text{п}} = 1930$ кг/м³; коефіцієнт динамічної в'язкості газу $\mu_t = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с.

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнтів опору циклонів (D=500 мм, v=3 м/с)

Марка циклону	d/D	Без додаткових пристроїв		3 вихідним равликом $\zeta_{ц500}^c$	3 відводом 90° R/d = 1,5	
		$\zeta_{ц500}^c$	$\zeta_{ц500}^п$		l/d = 0 ÷ 12, $\zeta_{ц500}^c$	L/d > 12 $\zeta_{ц500}^c$
ЦН - 11	0,59	245	250	235	245	250
ЦН - 15	-	155	163	150	155	160
ЦН – 15У	-	165	170	158	165	170
ЦН - 24	-	75	80	73	15	80
СДК-ЦН-33	0,33	520	600	500	-	560
СК-ЦН-34	0,34	1050	1150	-	-	-
СК-ЦН-34М	0,22	-	2800	-	-	-

Примітка: індекс «с» означає, що циклон працює в гідравлічній мережі, а «п» - без мережі.

Таблиця 2.4 – Поправочний коефіцієнт k_1 на вплив діаметра циклона

Діаметр циклону, мм	ЦН-11	ЦН-15, ЦН-15у, ЦН-24	СДК-ЦН-33, СК- ЦН-34М
150	0,94	0,85	1,0
200	0,95	0,90	1,0
300	0,96	0,93	1,0
450	0,99	1,0	1,0
500	1,0	1,0	1,0

Таблиця 2.5 – Поправочний коефіцієнт k_2 на запиленість газів (D=500 мм)

Тип циклону	Поправочний коефіцієнт K_2 , при запиленості г/м ³						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1	0,96	0,94	0,92	0,90	0,87	0,5
ЦН-15	1	0,93	0,92	0,91	0,90	0,87	0,86
ЦН-15у	1	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87
ЦН-24	1	0,95	0,93	0,92	0,90	0,87	0,86
СДК-ЦН-34	1	0,81	0,785	0,78	0,77	0,76	0,745
СК-ЦН-34	1	0,98	0,947	0,93	0,915	0,91	0,90
СК-ЦН-34М	1	0,99	0,97	0,95	-	-	-

Таблиця 2.6 – Поправочний коефіцієнт k_3 для груп циклонів марки ЦН

Характеристика групового циклону	K_3
Кругова компоновка, нижній організований підвід	60
Прямокутна компоновка, циклонні елементи розташовані в одній площині. Відвід від спільної камери чистого газу	35
Те ж саме, проте равликовий відвід від циклонних елементів	28
Прямокутна компоновка. Вільний підвід потоку до спільної камери.	60

Примітка: для одиночних циклонів $k_3 = 0$.

Таблиця 2.7 – Значення нормальної функції розподілення

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
1	2	3	4	5	6	7	8
-2,70	0,0035	- 1,06	0,1446	0,00	0,5000	1,08	0,8599
-2,60	0,0047	- 1,04	0,1492	0,02	0,5080	1,10	0,8643
-2,50	0,0062	- 1,02	0,1539	0,04	0,5160	1,12	0,8686
-2,40	0,0082	- 1,00	0,1587	0,06	0,5239	1,14	0,8729
-2,30	0,0107	-0,98	0,1635	0,08	0,5319	1,16	0,8770
-2,20	0,0139	-0,96	0,1685	0,10	0,5398	1,18	0,8810
-2,10	0,0179	-0,94	0,1736	0,12	0,5478	1,20	0,8849
-2,00	0,0228	-0,92	0,1788	0,14	0,5557	1,22	0,8888
- 1,98	0,0239	-0,90	0,1841	0,16	0,5636	1,24	0,8925
- 1,96	0,0250	-0,88	0,1894	0,18	0,5714	1,26	0,8962
- 1,94	0,0262	-0,86	0,1949	0,20	0,5793	1,28	0,8997
- 1,92	0,0274	-0,84	0,2005	0,22	0,5871	1,30	0,9032
- 1,90	0,288	-0,82	0,2061	0,24	0,5948	1,32	0,9066
- 1,88	0,0301	-0,80	0,2119	0,26	0,6026	1,34	0,9099
- 1,86	0,0314	-0,78	0,2177	0,28	0,6103	1,36	0,9131
- 1,84	0,0329	-0,76	0,2236	0,30	0,6179	1,38	0,9162
- 1,82	0,0344	-0,74	0,2297	0,32	0,6255	1,40	0,9192
- 1,80	0,0359	-0,72	0,2358	0,34	0,6331	1,42	0,9222
- 1,78	0,0375	-0,70	0,2420	0,36	0,6406	1,44	0,9251
- 1,76	0,0392	-0,68	0,2483	0,38	0,6480	1,46	0,9279
- 1,74	0,0409	-0,66	0,2546	0,40	0,6554	1,48	0,9306
- 1,72	0,0427	-0,64	0,2611	0,42	0,6628	1,50	0,9332
- 1,70	0,0446	-0,62	0,2676	0,44	0,6700	1,52	0,9357
- 1,68	0,0465	-0,60	0,2743	0,46	0,6772	1,54	0,9382
- 1,66	0,0485	-0,58	0,2810	0,48	0,6844	1,56	0,9406
- 1,64	0,0505	-0,56	0,2877	0,50	0,6915	1,58	0,9429
- 1,62	0,0526	-0,54	0,2946	0,52	0,6985	1,60	0,9452
- 1,60	0,0548	-0,52	0,3015	0,54	0,7054	1,62	0,9474
- 1,58	0,0571	-0,50	0,3085	0,56	0,7123	1,64	0,9495
- 1,56	0,0594	-0,48	0,3156	0,58	0,7190	1,66	0,9515

- 1,54	0,0618	-0,46	0,3228	0,60	0,7257	1,68	0,9535
- 1,52	0,0643	-0,44	0,3300	0,62	0,7324	1,70	0,9554
- 1,50	0,0668	-0,42	0,3372	0,64	0,7389	1,72	0,9573
- 1,48	0,0694	-0,40	0,3446	0,66	0,7454	1,74	0,9591
- 1,46	0,0721	-0,38	0,3520	0,68	0,7517	1,76	0,9608
- 1,44	0,0749	-0,36	0,3594	0,70	0,7580	1,78	0,9625
- 1,42	0,0778	-0,34	0,3669	0,72	0,7642	1,80	0,9641
- 1,40	0,0808	-0,32	0,3745	0,74	0,7703	1,82	0,9656
- 1,38	0,0838	-0,30	0,3821	0,76	0,7764	1,84	0,9671
- 1,36	0,0869	-0,28	0,3897	0,78	0,7823	1,86	0,9686
- 1,34	0,0901	-0,26	0,3974	0,80	0,7881	1,88	0,9699
-1,32	0,0934	-0,24	0,4052	0,82	0,7939	1,90	0,9713
- 1,30	0,0968	-0,22	0,4129	0,84	0,7995	1,92	0,9726
- 1,28	0,1003	-0,20	0,4207	0,86	0,8051	1,94	0,9738
- 1,26	0,1038	-0,18	0,4286	0,88	0,8106	1,96	0,9750
- 1,24	0,1075	-0,16	0,4364	0,90	0,8159	1,98	0,9761
- 1,22	0,1112	-0,14	0,4443	0,92	0,8212	2,00	0,9772
- 1,20	0,1151	-0,12	0,4522	0,94	0,8264	2,10	0,9821
- 1,18	0,1190	-0,10	0,4602	0,96	0,8315	2,20	0,9861
- 1,16	0,1230	-0,08	0,4681	0,98	0,8365	2,30	0,9893
- 1,14	0,1271	-0,06	0,4761	1,00	0,8413	2,40	0,9918
- 1,12	0,1314	-0,04	0,4840	1,02	0,8461	2,50	0,9938
- 1,10	0,1357	-0,02	0,4920	1,04	0,8508	2,60	0,9953
- 1,08	0,1401	-0,00	0,5000	1,06	0,8554	2,70	0,9965

2.2 Конструктивний розрахунок циклонів

В залежності від типу, циклони ЦН мають різноманітні співвідношення внутрішнього діаметру до їх довжини, ширині і висоті вхідного патрубку, діаметру вихлопної труби та іншим визначальним розміром. В таблиці 9 приведені співвідношення розмірів для циклонів ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15у і ЦН-24.

На підставі цих співвідношень можуть бути розроблені циклони ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15у і ЦН-24 різних розмірів в межах від 200 до 2000 мм.

Циклони можуть виконуватися як для «правого» обертання газового потоку, так і для «лівого» обертання. «Правим» прийнято називати обертання газового потоку у циклоні за часовою стрілкою, якщо дивитися зі сторони вихлопної труби; «лівим» - обертання проти часової стрілки. Конструктивна схема циклонів ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15у і ЦН-24 представлена на рис. 4.

Конічні циклони при рівних продуктивностях з циліндричними відрізняються від наступних більшими габаритами і тому зазвичай не використовуються у груповому використанні.

Для всіх одиночних циклонів бункера виконуються циліндричної форми. Однак, на практиці можливе застосування бункерів прямокутної форми.

Рекомендовані діаметри бункерів приймаються виходячи з наступних співвідношень:

D_1 бункера = 1,5 D (для циліндричного циклону)

D_1 бункера = 1,1-1,2 D (для конічного циклону)

Висота циліндричної частини бункеру приймається 0,8 D_1 . Днище виконується з кутом нахилу стінок 60° .

В окремих випадках (при відсутності необхідної площі для розміщення бункеру) дозволяється зменшити діаметр бункеру до значення 0,8D, при обов'язковому зберіганні розрахункового об'єму.

Для огляду і чистки бункерів в них передбачаються люки $\varnothing 400 \varnothing 600$.

Отвори для вивантаження пилу прийняти в залежності від ємності бункерів і продуктивності циклонів наступних розмірів $d_b=200, 300, 500$.

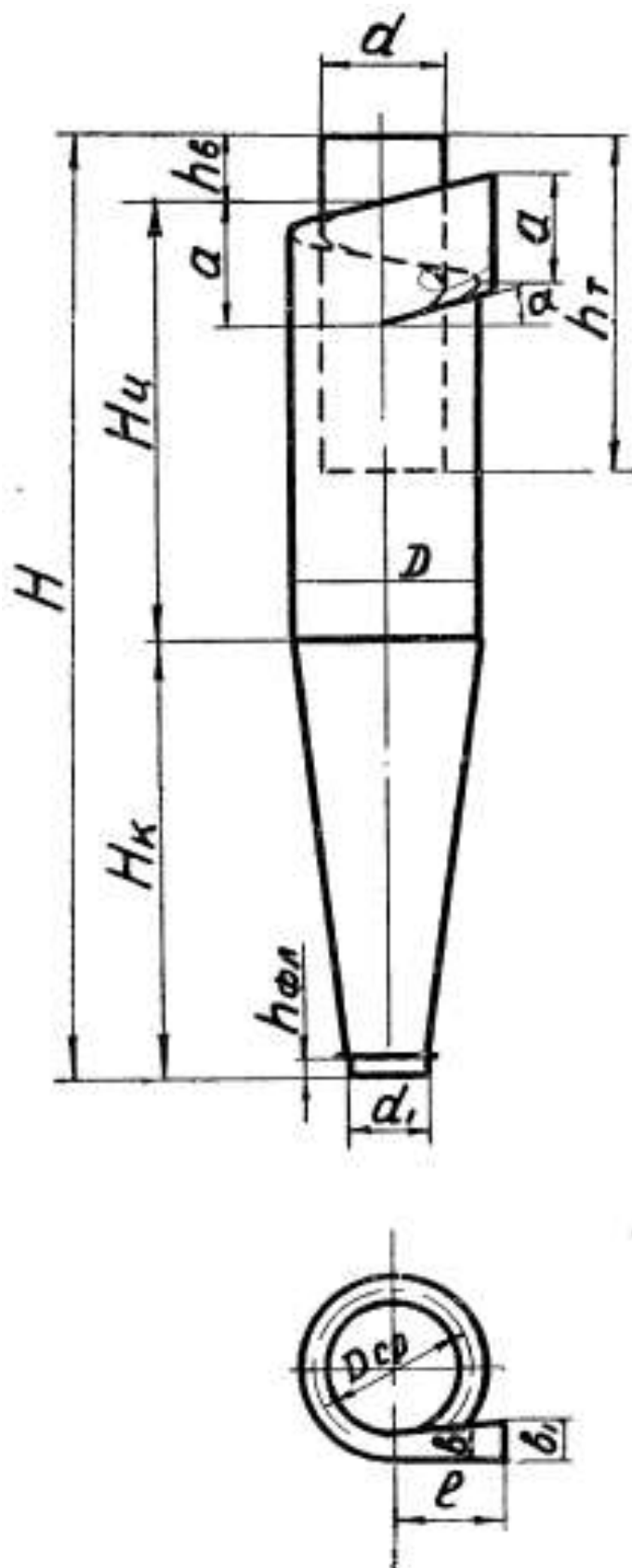


Рис. 2.2 – Конструктивна схема циклону

Таблиця 2.8 – Співвідношення розмірів в долях діаметру D для циклонів ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15у, ЦН-24

Розміри Найменування	Тип циклону				
	Позначення	ЦН-15	ЦН-15у	ЦН-24	ЦН-11
Внутрішній діаметр вихлопної труби	d	$0,59D$			
Внутрішній діаметр пило випускного отвору	d_1	$0,3-0,4D$			
Ширина вхідного патрубку в циклоні (внутрішній розмір)	b	$0,2D$			
Ширина вхідного патрубку на вході (внутрішній розмір)	b_1	$0,26D$			
Довжина вхідного патрубку	l	$0,6D$			
Діаметр середньої лінії циклону	D_{cp}	$0,8D$			
Висота установки фланцю	$h_{фл}$	$0,1D$			
Кут нахилу кришки і вхідного патрубку циклону	α	15°	15°	24°	11°
Внутрішній діаметр циклону	D	-	-	-	-
Висота вхідного патрубку (внутрішній діаметр)	a	$0,66D$	$0,66D$	$1,11D$	$0,48D$
Висота вихлопної труби	h_t	$1,74D$	$1,5D$	$2,11D$	$1,56D$
Висота циліндричної частини циклону	$H_{ц}$	$2,26D$	$1,51D$	$2,11D$	$2,06D$
Висота конуса циклону	H_k	$2D$	$1,50D$	$1,75D$	$2D$
Висота зовнішньої частини вихлопної труби	h_B	$0,3D$	$0,3D$	$0,4D$	$0,3D$
Загальна висота циклону	H	$4,56D$	$3,31D$	$4,26D$	$4,38D$

3 ЗАВДАННЯ ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Мета роботи. Ознайомитися з конструкціями циклонів, навчитися виконувати розрахунки даних пиловловлювачів.

В даній роботі необхідно виконати підбір циклону, оцінити його ефективність та розробити конструктивну схему на форматі А4.

Таблиця 3.1 - Вихідні дані до виконання роботи

№ п/п	$L_{н.у.},$ нм ³ /год	$t_r,$ °C	$\rho_{н.у.},$ кг/нм ³	$\mu_{н.у.},$ Па·с	$d_m,$ мкм	lg $\sigma_{ч}$	$Z_{вх},$ г/нм ³	$\rho_{п.},$ кг/м ³	Тип пилу
1	5000	120	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	13	0,41	5	2560	Зола енергетичного вугілля та сланців
2	6000	110	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	17	0,55	3	2810	
3	7000	115	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	12	0,43	4	2800	
4	8000	112	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	22	0,37	7	2760	
5	9000	113	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	19	0,52	6	2070	
6	10000	122	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	25	0,34	10	2420	
7	11000	128	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	15	0,60	2	2240	
8	12000	130	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	20	0,50	5	2740	
9	13000	119	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	23	0,41	8	2410	
10	14000	100	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	24	0,31	9	2100	
11	15000	101	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	9	0,59	4	2400	Пил машинобудівного виробництва
12	16000	105	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	3	0,49	5	3980	
13	17000	95	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	120	0,64	10	2830	
14	18000	98	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	18	0,71	3	3900	
15	19000	90	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	34,5	0,40	5,5	2690	
16	20000	93	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	280	0,23	4,5	2665	
17	21000	91	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	26	0,35	3,5	4670	
18	22000	89	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	38	0,21	6,5	4230	
19	23000	88	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	19	0,55	9	2750	
20	24000	85	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	8	0,67	2	2400	
21	25000	80	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	9,6	0,31	10	3220	Пил металургійного виробництва
22	26000	81	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	0,65	0,42	6	2400	
23	27000	79	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	1,5	0,36	4	4200	
24	28000	75	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	23	0,71	5	2470	
25	29000	70	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	19	0,56	7	2400	
26	30000	71	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	3	0,48	3	4400	
27	31000	72	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	14,5	0,68	8	4440	
28	32000	65	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	30	0,25	1	2710	
29	33000	60	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	45	0,59	2	4000	
30	34000	61	1,293	$1,72 \cdot 10^{-5}$	15,5	0,74	5	2650	

$L_{н.у.}$ – об’ємна витрата газів при нормальних умовах, нм³/год;

t_r – температура газів, °C;

$\rho_{н.у.}$ – густина газів при нормальних умовах (приймається густина повітря), кг/м³;

$\mu_{н.у.}$ – динамічна в’язкість газів при нормальних умовах, Па·с;

d_m – середній медіанний діаметр часток, мкм;

$lg \sigma_{\text{ч}}$ – величина, яка характеризує дисперсію часток;

$Z_{\text{вх}}$ – вхідна концентрація пилу при нормальних умовах, г/нм^3 ;

$\rho_{\text{п}}$, - густина пилу кг/м^3 .

Слід зазначити, що витрата газів, їх густина та динамічна в'язкість надані при нормальних умовах, тому їх необхідно перерахувати при робочій температурі t_r .

Перерахунок витрати газів здійснюється за рівнянням Клапейрона.

$$\frac{PV}{T} = const \quad (11)$$

Звідки:

$$L = \frac{T_{p.y.}}{T_{n.y.}} \cdot L_{n.y.} \quad (12)$$

де $T_{n.y.}$, $T_{p.y.}$ – температура газів при нормальних та робочих умовах, $^{\circ}\text{К}$.

Аналогічно розраховуються густина та початкова запиленість газів,

виходячи зі співвідношення $\frac{T_{p.y.}}{T_{n.y.}}$.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Сабуров Э.Н., Карпов С.В., Осташев С.И. Теплообмен и аэродинамика закрученного потока в циклонных устройствах. – Л.: Ленинградский Университет, 1989. – 274 с.
2. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков Б.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли. – М.: Химия, 1981. – 390 с.
3. Штокман Е.А. Очистка воздуха. – М.: издательство АСВ, 1998. – 320 с.
4. Русанов А. А. Справочник по пыле- и золоулавливанию. Издание второе, переработанное и дополненное. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 312 с.
5. Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. – М.: Metallurgiya, 1986. – 544 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Підбір циклона та розрахунок ефективності його роботи» для студентів спеціальності 6.060101 «Теплогазопостачання і вентиляція»

Укладачі: Паламарчук Оксана Юріївна
Бурда Юрій Олександрович
Півненко Юрій Олександрович

Відповідальний за випуск: О. Ф. Редько

Редактор

План 2016 р., поз.	Формат 60x84 1/16	
Підп. до друку	Обл.-вид. арк.	
Надруковано на ризографі	Умов. друк. арк.	Папір друк. № 2
Тираж 100 прим	Зам. №	Безкоштовно

ХНУБА, 61002, Харків, вул. Сумська, 40

Підготовлено та надруковано РВВ
Харківського національного університету
будівництва та архітектури