

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИШИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра «ПРИРОДООХОРОННА ДІЯЛЬНІСТЬ»

Методичні вказівки
до виконання індивідуальних завдань
з дисципліни «Техніка та технології захисту атмосфери від забруднень»
до виконання індивідуальної роботи для технічних спеціальностей
всіх форм навчання

УДК

Методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань з дисципліни «Техніка та технології захисту атмосфери від забруднень» до виконання індивідуальної роботи для технічних спеціальностей всіх форм навчання./ Укл.: В.К.Костенко, О.Л. Зав'ялова, М.І.Таврель, О.П. Богомаз – Покровськ: ДВНЗ «ДонНТУ», 2022. – 28 с.

Надані методичні рекомендації щодо самостійної підготовки та розрахунків студентом індивідуальної роботи з дисципліни «Техніка та технології захисту атмосфери від забруднень».

Укладачі	В.К. Костенко, проф., д.т.н., зав.каф.ПД
	О.Л. Зав'ялова, доц., к.т.н., доц. каф.ПД
	О.П.Богомаз, PhD, доц.каф.ПД
	М.І. Таврель, асист.каф.ПД
Рецензент	А.В.Мерзлікін, к.т.н., доц., декан ГФ, доц.каф.РРКК
Відповідальний за випуск	В.К. Костенко, проф.,д.т.н., зав.каф. ПД

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ,
протокол № ____ від _____

Розглянуто на засіданні кафедри ПД,
протокол № 8 від 28.03.2022

Донецький національний технічний університет, 2022

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	5
1.1 Вступ.....	5
1.2 Основна частина.....	5
1.3 Висновки.....	6
1.4 Список використаних джерел.....	6
1.5 Загальні вимоги оформлення.....	6
2 АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ.....	7
2.1 Послідовність розрахунку циклонів.....	7
2.2 Послідовність розрахунку батарейних циклонів.....	12
2.3 Послідовність розрахунку скрубера Вентурі.....	14
2.4 Послідовність розрахунку електрофільтру.....	19
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	23
Додаток А.....	24
Додаток Б.....	26
Додаток В.....	27

ВСТУП

Задачею даної розробки є методична допомога студентам ДонНТУ в підготовці запланованої курсом «Техніка та технології захисту атмосфери від забруднень» індивідуальної роботи. Особливість індивідуальної роботи з біології у технічних ВНЗ - розрахунковий характер, оскільки це дає змогу студентам наочно оцінити ефективність роботи тієї чи іншої установки для очищення викидів.

Мета індивідуальної роботи – здобути навичок розрахунку параметрів обладнання для очистки забрудненого повітря від виробництва, розрахувати можливу ефективність роботи обладнання, навчитися аналізувати необхідну кількість обладнання, потужність або вид газоочисної установки для тієї чи іншої мети.

Студенти виконують розрахунок ефективності очищення одиночних та групових циклонів, розрахунок параметрів скрубера Вентурі та електрофільтра за варіантами.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Індивідуальна робота з техніки та технології захисту атмосфери від забруднень являє собою розрахункову роботу. Розрахункова робота – це самостійна робота студента, яка має в собі практичну частину і базується на розрахунках і обчисленнях за певним предметом. Робота оформлюється згідно стандарту (загальні вимоги оформлення наведені у пункті 1.5 цих методичних вказівок).

1.1 Вступ

Вступ містить визначення основних термінів роботи, коротку характеристику обладнання для газоочистки, мету розрахункової роботи, завдання.

Завдання відображають поетапність дослідження проблеми і слугують досягненню поставленої мети.

Мета складається із зазначення кінцевого результату дослідження (на що в цілому воно спрямовується), його об'єкта та шляхи досягнення кінцевого результату.

1.2 Основна частина

Основна частина - це частина де викладені, розрахунки очищення повітря за допомогою циклону, групового циклону, скрубера Вентурі та електрофільтру (алгоритм розрахунків наведено у 2 пункті цих методичних вказівок). Необхідно скласти план та відобразити його в змісті. Рекомендується наступний план основної частини:

ВСТУП

1 РОЗРАХУНОК ЦИКЛОНІВ

2 РОЗРАХУНОК ГРУПОВИХ ЦИКЛОНІВ

3 РОЗРАХУНОК СКРУБЕРА ВЕНТУРІ

4 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОФІЛЬТРУ

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1.3 Висновки

Обсяг останнього розділу висновки - 1 стор. У цьому розділі студент наводить висновки по роботі, які він зробив. Наводить значення отриманих даних, порівнює ефективність очищення різних видів пристроїв.

1.4 Список використаних джерел

Студент наводить джерела, які використовував під час виконання розрахункової роботи. Це можуть бути статті, монографії, підручники, посилання на перевірені джерела Інтернету. Використана література оформлюється згідно стандарту ДСТУ 8302:2015. У списку джерела вказують у тій послідовності, у якій вони використовуються, вказуючи його у квадратних дужках, наприклад [3-5].

1.5 Загальні вимоги оформлення

Робота має бути виконана на аркушах формату А4. Поля: ліве, верхнє та нижнє – 2 см, праве – 1 см; шрифт – Times New Roman, кегель – 14, міжрядковий інтервал – 1,5, абзацний відступ - 1,25 см. Сторінки пронумерувати у правому верхньому куті. Робота може бути написана від руки, за умови розбірливого почерку.

Перша сторінка – титульний аркуш, на другій сторінці - зміст роботи із вказівкою сторінок підрозділів, на третій сторінці – вступ. Далі наводиться основна частина, висновки, список використаних джерел.

Ілюстрації (рисунки) та таблиці подаються після тексту, де вони згадані вперше чи на наступній сторінці. Наведені ілюстрації та таблиці обов'язково аналізуються.

Ілюстрації позначаються словом «Рис.1.1-Назва » і нумеруються в межах розділу. Номер ілюстрації та її назва розміщуються під ілюстрацією по центру.

Таблиці, відповідно, позначають: «Таблиця 1.2-Назва» і розміщують з абзацу над таблицею, яка подається по центру.

2 АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

2.1 Послідовність розрахунку циклонів

Підібрати циклон типу НДІогаз за даними варіанта (додаток А).

Для розрахунку циклонів необхідні такі дані: об'ємна витрата газів, що підлягає знепилюванню за робочих умов, Q , м³/с; динамічна в'язкість газу при робочій температурі, μ , Пас; щільність газу за робочих умов ρ_r , кг/м³; дисперсний склад пилу, що задається медіанним діаметром, dm , мкм, і середнє квадратичне відхилення функції даного розподілу частинок, $lg\sigma_u$; концентрація пилу у газах, c_{ex} , г/м³; щільність частинок пилу, ρ_s , кг/м³.

Щільність газу за робочих умов, кг/м³:

$$\rho_r = \rho_0 \cdot \frac{273 \cdot (P_{бар} \pm P_u)}{(273 + T) \cdot P_{бар}}$$

де ρ_0 – щільність газу за нормальних умов, 1,29 кг/м³;

$P_{бар}$ – барометричний тиск, 101325 Па;

P_u – розрідження в циклоні, 0 Па;

T – температура газу, °С.

Витрата газу за робочих умов, м³/с:

$$Q = \frac{Q_0 \cdot \rho_0}{\rho_r \cdot 3600}$$

де Q_0 – витрата газу за нормальних умов, м³/с.

Динамічна в'язкість за робочих умов, (Н·с)/м²:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T}{273} \right)^{0,683}$$

Оберіть тип циклона, по табл. 2.1 або 2.2 та визначте оптимальну швидкість газу в апараті v_{opt} і дисперсію розподілу значень фракційної ефективності пиловловлювача $lg\sigma_\eta$.

Таблиця 2.1 - Параметри, що визначають ефективність роботи циклонів конструкції НДІогазу

Параметри	ЦН-24	ЦН-15У	ЦН-15	ЦН-11	СДК-ЦН-33	СК-ЦН-34
d_{50}^T , мкм	8,50	6,00	4,50	3,65	2,31	1,95
$lg\sigma_\eta$	0,308	0,283	0,352	0,352	0,364	0,308
v_{onm} , м/с	4,5	3,5	3,5	3,5	2,0	1,7

Таблиця 2.2 – Параметри, що визначають ефективність роботи циклонів

Параметри	Циклон конструкції		
	СІОП	ВЦНДІОП	Гіпродревпрому (типЦ)
d_{50}^T , мкм	2,6	8,6	4,12
$lg\sigma_\eta$	0,28	0,32	0,34
v_{onm} , м/с	1,00	4,00	3,3

Примітка: Значення d_{50}^T (діаметр частинок, що вловлюються в апараті на 50%), наведені в таблиці, відповідають наступним умовам роботи циклонів: середня швидкість газу циклону $v_T = 3,5$ м/с; діаметр циклону $D_T = 0,6$ м; щільність частинок $\rho_T = 1930$ кг/м³; динамічна в'язкість газу $\mu_T = 2,22 \cdot 10^{-5}$ (Н·с)/м².

Необхідна площа перерізу циклонів, м²:

$$F = \frac{Q_e}{v_{onm}}.$$

Діаметр циклону, м:

$$D = \sqrt{\frac{F}{0,785}}.$$

Діаметр циклону округляють до величини зі стандартного ряду діаметрів (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 - Стандартний ряд діаметра циклонів

Тип циклона	Стандартний ряд діаметра циклонів, м
ЦН, СК, СДК.	0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0
ВЦНДІОП	0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,370; 0,455; 0,525; 0,585; 0,645; 0,695
СІОП	0,703; 1,015; 1,242; 1,428; 1,593; 1,698; 1,943
УЦ-38	0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0
Гіпродревпрому типу Ц	0,25; 0,3; 0,375; 0,45; 0,55; 0,6; 0,675; 0,730; 0,8; 0,87; 0,95; 1,05; 1,15; 1,225; 1,32; 1,4; 1,5; 1,6
ЦКТІ типу Ц	0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8

Дійсна швидкість газу в циклоні:

$$v = \frac{Q}{0,785D^2}.$$

Швидкість у циклоні має відхилятися від оптимальної більш ніж 15%.

Коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону або групи циклонів:

$$\xi_{\zeta} = K_1 K_2 \xi_{\zeta 500}^{c(n)} + K_3,$$

де $\xi_{\zeta 500}^{c(n)}$ - коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону діаметром 500 мм, що вибирається по табл. 2.4. Індекс "с" означає, що циклон працює в гідравлічній мережі, а індекс "n" - без мережі, тобто працює прямо на вихлоп в атмосферу;

K_1 - поправний коефіцієнт на діаметр циклону, який визначається за табл. 2.5;

K_2 - поправочний коефіцієнт на запилення газу, що визначається за табл. 2.6;

K_3 - коефіцієнт, що враховує додаткові втрати тиску, пов'язані з компонуванням циклонів у групу, що визначається за табл. 2.7. Для одиночних циклонів $K_3 = 0$.

Таблиця 2.4 - Значення коефіцієнтів опору одиночного циклону

Тип циклона	d/D	Без додаткових пристроїв		З кільцевим дифузоров		З вихідним равником	З відведенням 90° R/d= 1,5	
		ξ_{ζ}^c	ξ_{ζ}^n	ξ_{ζ}^c	ξ_{ζ}^n	ξ_{ζ}^c	1/d=0÷12 ξ_{ζ}^c	1/d>12 ξ_{ζ}^c
ЦН-11	0,59	245	250	207	215	235	245	250
ЦН-15	-	155	163	132	140	150	155	160
ЦН-15У	-	165	170	140	148	158	165	170
ЦН-24	-	75	80	64	70	73	75	80
СДК-ЦН-33	0,33	520	600	-	-	500	-	560
СК-ЦН-34	0,34	1050	1150	-	-	-	-	-

Таблиця 2.5 - Поправочний коефіцієнт K_1 на діаметр циклону

Діаметр циклона, мм	ЦН-11	ЦН-15; ЦН-24	СДК-ЦН-33; СК-ЦН-34
200	0,95	0,90	1,0
300	0,96	0,93	1,0
400	0,99	1,0	1,0
500	1,0	1,0	1,0

Таблиця 2.6 - Поправочний коефіцієнт κ_2 на запиленість газів

Тип циклона	Поправочний коефіцієнт при запиленості газу, г/м ³						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1	0,96	0,94	0,92	0,9	0,87	0,5
ЦН-15	1	0,93	0,92	0,91	0,9	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	0,9	0,87	0,86
СДК-ЦН-33	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	0,9
СК-ЦН-34М	1	0,99	0,97	0,95	-	-	-

Таблиця 2.7 - Коефіцієнт κ_3 , що враховує додаткові втрати тиску, пов'язані з груповим компонуванням

Характеристика групового циклону	Значення коефіцієнта
Кругове компонування, нижнє організоване підведення	60
Прямокутне компонування, організоване підведення, циклонні елементи розташовані в одній площині	35
Те саме, але равликовий відвід із циклонних елементів	28
Прямокутне компонування. Вільне підведення потоку в загальну камеру	60

Втрати тиску в циклоні, Па:

$$\Delta P = \xi_{\text{ц}} \frac{\rho_{\text{г}} v^2}{2}.$$

Втрати тиску в циклоні також можна визначити за формулою:

$$\Delta P = \xi_{\text{вх}} \frac{\rho_{\text{г}} v_{\text{вх}}^2}{2}.$$

де $\xi_{\text{вх}}$ - коефіцієнт гідравлічного опору, віднесений до швидкості газу у вхідному патрубку $v_{\text{вх}}$, визначається по формулі:

$$\xi_{\text{вх}} = \kappa_1 \kappa_2 \xi_o + \kappa_3$$

Коефіцієнт ξ_o визначається по табл. 2.8.

Таблиця 2.8 - Значення коефіцієнта ξ_0

Тип циклона	Діаметр, мм	Значення ξ_0	
		Без равлика	З равликом на вихлопній трубі
ЦН-11	450	6,1	5,2
ЦН-15	450	7,6	6,7
ЦН-15У	450	8,2	7,5
ЦН-24	450	10,9	12,5
СЮП		6,0	4,2
ВЦНДЮП	370	9,3	10,4

Діаметр частинок, що вловлюються в апараті на 50% за робочих умов:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\frac{D}{D_T} \frac{\rho_{qT}}{\rho_q} \frac{\mu}{\mu_T} \frac{\nu_T}{\nu}}.$$

Визначення параметру X:

$$X = \frac{\lg(d_m / d_{50})}{\sqrt{\lg^2 \sigma_\eta + \lg^2 \sigma_q}}.$$

Середньоквадратичне відхилення функції розподілу:

$$\lg \sigma_q = \lg \frac{d_{84.1}}{d_{50}},$$

де $d_{84.1}$ - абсцису точки, ордината якої має значення 84,1 % і визначається за заданим розподілом пилу за розмірами (рис.2.1);

d_m - середньомедіанний діаметр.

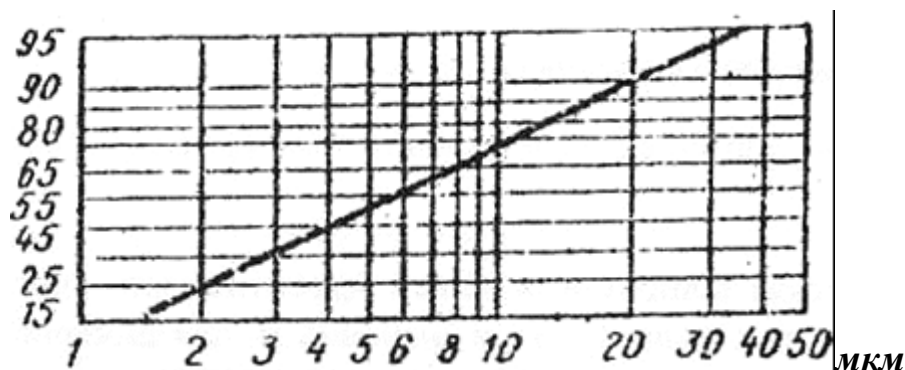


Рисунок 2.1 – Графік розподілу частинок пилу за розмірами

По табл. А.2(Додаток А) визначають $\Phi(x)$.

Ефективність циклону, %:

$$\eta = 50[1 + \Phi(x)].$$

2.2 Послідовність розрахунку батарейних циклонів

Підібрати батарейний циклон за даними (додаток А).

При розрахунку батарейних циклонів спочатку визначають не діаметр циклону, а необхідну, виходячи з об'ємної швидкості газу кількість циклонних елементів.

Витрати газів, м³/с, за яких забезпечуються оптимальні умови роботи циклонного елемента:

$$q_{\text{опт}} = 0,785D^2v_{\text{опт}},$$

де $v_{\text{опт}}$ - оптимальна швидкість потоку в елементі, м/с (табл. 2.10);

D - внутрішній діаметр циклонного елемента, м (табл. 2.9).

Примітка: Дані, що відносяться до циклонних елементів типу «розетка» та «гвинт», відповідають наступним умовам їхньої роботи: середня швидкість газового потоку в елементі $v_T = 4,5$ м/с; динамічна в'язкість $\mu_T = 23,7 \cdot 10^{-6}$ Па·с; густина частинки $\rho_{\text{чт}} = 2200$ кг/м³.

Число циклонних елементів, необхідних для оптимальних умов роботи батарейного циклону:

$$n_{\text{опт}} = \frac{Q}{q_{\text{опт}}},$$

де Q - загальна витрата газу, м³/с.

По табл. 2.10 підбирають батарейний циклон із найближчим до $n_{\text{опт}}$ числом циклонних елементів n . Число елементів обраного батарейного циклону бажано вибирати таким, щоб воно відрізнялося від $n_{\text{опт}}$ не більше ніж на 10%.

Далі визначають дійсну швидкість потоку елементі v , м/с:

$$v = \frac{Q}{0.785nD^2}.$$

Втрати тиску в батарейному циклоні, Па:

$$\Delta P = \xi \frac{\rho_g v^2}{2}$$

де ξ - коефіцієнт гідравлічного опору батарейних циклонів (табл. 2.10);

ρ_g - щільність газу, кг/м³.

Визначають коефіцієнти очищення газу в елементі зворотно-потокowego батарейного циклону, користуючись схемою розрахунку, наведеної для звичайних циклонів. Необхідні для цього значення d_{50}^T та $lg\sigma_\eta$ наведені в табл. 2.9. За умови рівномірного розподілу газу, що очищається, загальна ефективність дорівнюватиме ефективності очищення в одному елементі.

Таблиця 2.9 - Параметри, що визначають ефективність батарейних циклонів

Параметри	Тип циклонного елемента		
	«розетка» $\alpha=25^\circ$, D=250мм	«розетка» $\alpha=30^\circ$, D=250мм	«ВИНТ» $\alpha=25^\circ$, D=250мм
d_{50}^T , мкм	3,85	5,0	4,5
$lg\sigma_\eta$	0,46	0,46	0,46

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики батарейних циклонів

Тип циклона	Число елементів у секції n	Оптимальна швидкість газу в елементі v_{opt} , м/с	Витрата газу в одній секції, м ³ /с	Коефіцієнт гідравлічного опору, ξ
ЦБ-254Р	25; 30; 40; 50; 60; 80	4,5	5,6-16,2	90
ЦБ-231У	12; 16; 20; 25; 30; 42; 56; 63	4,5	2,2-11,7	110
ЦБ-2	20; 25; 30; 36; 42; 56	4,5	4,84-13,6	70
ПБЦ	24; 36; 48; 96	3,5	4,2-16,7	150

Діаметр частинок, що вловлюються в апараті на 50% за робочих умов:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\frac{D}{D_T} \frac{\rho_{qT}}{\rho_q} \frac{\mu}{\mu_T} \frac{v_T}{v}}.$$

Визначення параметру X:

$$X = \frac{\lg(d_m / d_{50})}{\sqrt{\lg^2 \sigma_\eta + \lg^2 \sigma_q}}.$$

Середньоквадратичне відхилення функції розподілу:

$$\lg \sigma_q = \lg \frac{d_{84.1}}{d_{50}},$$

де $d_{84.1}$ - абсцису точки, ордината якої має значення 84,1 % і визначається за заданим розподілом пилу за розмірами (рис.2.1);

d_m - середньомедіанний діаметр.

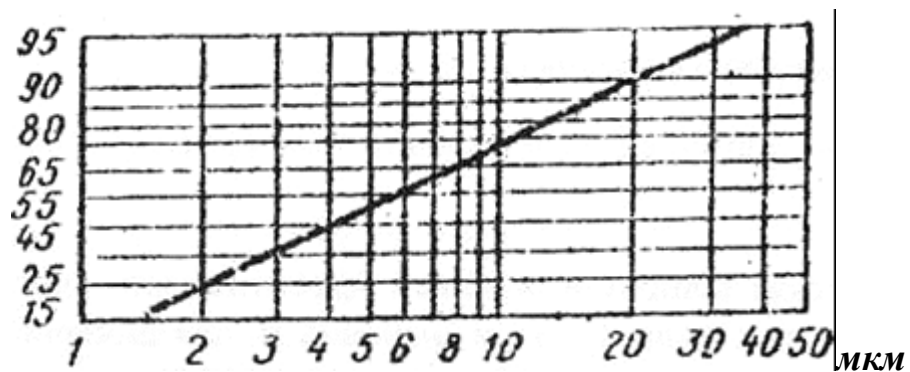


Рисунок 2.1 – Графік розподілу частинок пилу за розмірами

По табл. А.2(Додаток А) визначають $\Phi(x)$.

Ефективність батарейного циклону, %:

$$\eta = 50[1 + \Phi(x)].$$

2.3 Послідовність розрахунку скрубера Вентурі

Розрахувати параметри скрубера Вентурі відповідно до вихідних даних додатку Б (табл. Б.1).

Розрахунок скрубера Вентурі зводиться до визначення його основних розмірів та гідравлічного опору.

Необхідна ефективність пиловловлювача:

$$\eta = 1 - \frac{q_3}{q_2},$$

де q_2 – концентрація пилу в газах перед мокрим газоочищенням;

q_3 – те ж після газоочищення, $q_3=0,1 \dots 0,15$ г/м³.

Число одиниць переносу, що характеризує питому енергію пиловловлювача:

$$N_4 = \ln \frac{1}{1-\eta}$$

З іншого боку,

$$N_4 = B \cdot K_T^\chi$$

де K_T^χ - енергія, що витрачається на обробку рідиною відомого обсягу газів за одиницю часу, кДж/кг;

B та χ - константи, що залежать від фізико-хімічних властивостей уловлюваного пилу та його дисперсності, приймаються за табл. Б.2 додатка Б.

Спільне рішення рівнянь дозволяє визначити значення K_T :

$$K_T = \sqrt[4]{\frac{N_4}{B}}$$

Загальний гідравлічний опір скрубера Вентурі, Па:

$$\Delta P = K_T - P_e \cdot m$$

де $m=0,0006 \dots 0,0017$ м³/м³ - питома витрата води на зрошення газів у трубах круглого та прямокутного перерізу;

$P_e=15 \dots 20$ кПа – тиск води перед форсункою.

Щільність газів на вході в скрубер Вентурі, кг/м³:

$$\rho_1 = \rho_0 \cdot \frac{(P_{бар} - P_1) \cdot 273}{(273 + t_{вх}) \cdot P_{бар}}$$

де $t_{вх}$ - температура газів перед скруберам, °С;

$p_I=2\dots5$ кПа - розрідження перед газоочищенням;

Об'ємна витрата газів, що надходять у скруббер за робочих умов, м³/с:

$$V_1 = V_0 \cdot \frac{\rho_0}{\rho_1}$$

Витрата води, що витрачається на зрошення, кг/с:

$$M_B = V_1 \cdot t \cdot \rho_B$$

де $\rho_B = 10^3 = 1000$, кг/м³ – щільність води.

Температура газів на виході із труби Вентурі, °С:

$$t_{\text{вих}} = (0.133 - 0.041m) \cdot t_{\text{вх}} + 35$$

Щільність газів на виході, кг/м³:

$$\rho_2 = \rho_0 \cdot \frac{(p_{\text{бар}} - p_1 - \Delta p) \cdot 273}{(273 + t_{\text{вих}}) \cdot p_{\text{бар}}}$$

Об'ємна витрата газів на виході зі скрубера, м³/с:

$$V_2 = V_0 \cdot \frac{\rho_0}{\rho_2}$$

Діаметр циклону-краплеуловлювача, м:

$$D_{\text{ц}} = 1.13 \sqrt{\frac{V_2}{\omega_{\text{ц}}}},$$

де $\omega_{\text{ц}} = 2,5 \dots 5,5$ швидкість газів у циклоні-краплеуловлювачі, м/с.

Приймаємо найближчий стандартний діаметр циклону-краплеуловлювача з ряду стандартних діаметрів (див. табл. 2.3).

Активна висота циклону – краплеуловлювача вибирається в залежності від швидкості $\omega_{\text{ц}}$ за наступною залежністю:

Таблиця 2.11 - Активна висота циклону – краплеуловлювача

$\omega_{\text{ц}}$, м/с	2.5-3.0	3.0-3.5	3.5-4.5	4.5-5.5
$h_{\text{ц}}$, (у частках від $D_{\text{ц}}$)	2.5	2.8	3.8	4.5

Отже,

$$H_{\text{ц}} = h_{\text{ц}} \cdot D_{\text{ц}} \cdot$$

Гідравлічний опір циклону-краплеуловлювача, Па:

$$\Delta p_{\text{ц}} = \varepsilon \frac{\omega_{\text{ц}}^2 \cdot \rho_2}{2}$$

де $\varepsilon=30\dots33$ - коефіцієнт місцевого опору циклону.

Гідравлічний опір труби Вентурі, кПа:

$$\Delta p_{\text{тр}} = \Delta p - \Delta p_{\text{ц}}.$$

Для визначення розмірів труби Вентурі потрібно визначити швидкість газу в найменшому перерізі, тобто в горловині:

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{2\Delta p_{\text{тр}}}{\varepsilon_{\text{с}} \cdot \rho_2 + \varepsilon_{\text{ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot m}}$$

де $\varepsilon_{\text{с}}=0,12\dots0,15$ - коефіцієнт гідравлічного опору сухої труби круглого або прямокутного перерізу;

$\varepsilon_{\text{ж}}$ - коефіцієнт гідравлічного опору труби з урахуванням води, що вводиться до неї зрошувальної води;

$\rho_{\text{ж}}=1000 \text{ м}^3/\text{кг}$ – щільність зрошувальної рідини.

$$\varepsilon_{\text{ж}} = 0.63 \cdot \varepsilon_{\text{с}} \cdot m^{-0.3}$$

Розміри труби Вентурі визначаються, виходячи із прийнятих співвідношень.

При використанні круглих труб діаметр вхідного перерізу конфузору, м:

$$D_1 = 1.13 \sqrt{\frac{V_1}{\omega_1}}$$

де $\omega_1 = 18\dots24 \text{ м/с}$ - швидкість газу на вході в трубу.

Діаметр вихідного перерізу дифузора, м:

$$D_3 = 1.13 \sqrt{\frac{V_2}{\omega_3}}$$

де $\omega_3 = 18\dots24 \text{ м/с}$ - швидкість газу на виході із труби.

Діаметр горловини труби Вентурі, м:

$$D_2 = 1.13 \sqrt{\frac{V_2}{\omega_2}}$$

де ω_2 - швидкість газу в горловині.

Довжина конфузора, м:

$$l_1 = \frac{(D_1 - D_2)}{2tg\frac{\alpha_1}{2}}$$

де α_1 - кут звуження конфузора, що приймається рівним $(25-30)^\circ$ для нормальної труби.

Довжина горловини, м:

$$l_2 = 0.15 \cdot D_2$$

Довжина дифузора, м:

$$l_3 = \frac{(D_3 - D_2)}{2tg\frac{\alpha_2}{2}},$$

де α_2 - кут розширення дифузора, $\alpha_2 = 6 \dots 8^\circ$.

Повна довжина труби Вентурі, м:

$$l_{\text{тр}} = l_1 + l_2 + l_3$$

Діаметр горловини:

$$D_2 = 1.13 \sqrt{\frac{V_2}{\omega_{\text{ц}} \cdot n}}$$

Кількість труб Вентурі, шт.:

$$n = 1.13^2 \frac{V_2}{\omega_{\text{ц}} \cdot D_2^2} \quad (5.24)$$

Витрата води на одну форсунку G , м³:

$$G_{\text{в}} = \frac{mV_0}{n}$$

де n - число форсунок.

Діаметр сопла форсунки, м:

$$d_c = \sqrt{\frac{4G_{\text{в}}}{\mu \cdot \pi} / \sqrt{2p/\rho_{\text{в}}}}$$

де $\mu = 0,70 \dots 0,75$ - коефіцієнт витрати;

$p = 15 \dots 20$ кПа - тиск води перед форсункою.

Діаметр крапель води, що утворюються, мкм:

$$d_k = \frac{4810}{\omega_2} + 28.18\sqrt{m^3}.$$

2.4 Послідовність розрахунку електрофільтру

Розрахувати параметри електрофільтра відповідно до вихідних даних додатку В (табл. В.1)

Щільність газу за робочих умов, кг/м^3 :

$$\rho_r = \rho_0 \cdot \frac{273 \cdot (P_{\text{бар}} \pm P)}{(273 + T) \cdot P_{\text{бар}}}$$

де ρ_0 – щільність газу за нормальних умов, $1,29 \text{ кг/м}^3$;

$P_{\text{бар}}$ – барометричний тиск, $101,325 \text{ кПа}$;

P – розрідження у системі, Па . Приймаємо $P=2 \text{ кПа}$;

T – температура газу, $^{\circ}\text{C}$.

Витрата газу за робочих умов, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$V_r = \frac{V_0 \cdot \rho_0}{\rho_r}$$

де V_0 – витрата газу за нормальних умов, $\text{м}^3/\text{с}$.

Задаючись швидкістю газу електрофільтрі ($0,8 \text{ м/с}$), отримаємо необхідну площу поперечного перерізу електрофільтру, м^2 :

$$F = \frac{V_r}{\omega_r}$$

Виходячи з отриманого значення F , вибираємо тип електрофільтра, що задовольняє майбутнім умовам експлуатації (табл. В.2 додатка В).

Фактична швидкість газу в електрофільтрі, м/с :

$$\omega_r = \frac{V_r}{F}$$

де F – площа активного перерізу вибраного електрофільтра.

Відносна щільність газу за стандартних умов ($p_{\text{ст}}=101,3 \text{ кПа}$, $T_{\text{ст}}=20 \text{ }^{\circ}\text{C}$):

$$\beta = \frac{(p_{\text{бар}} - p) \cdot (T_{\text{ст}} + 273)}{(273 + T) \cdot p_{\text{ст}}}$$

Критична напруженість електричного поля, В/м:

$$E_{кр} = 3.04 \cdot (\beta + 0.0311 \sqrt{\frac{\beta}{R_1}}) \cdot 10^6$$

де R_1 – радіус коронуючого вістря (приймається рівним 0,001 м).

Критична напруга корони для пластинчастого електрофільтра типу УГВ:

$$U_{кр} = E_{кр} \cdot R_1 \left(\frac{\pi \cdot H}{S} - \ln \frac{2\pi R_1}{S} \right)$$

де H – відстань між площинами коронуючих та осаджувальних електродів, м;
 $H = 0,105 \dots 0,275$ м;

S – крок коронуючих електродів, м; (табл. В.2 додатка В).

Лінійна щільність струму корони:

$$i_0 = \frac{4\pi^2 K f}{9 \cdot 10^9 S^2 \left(\frac{\pi H}{S} - \ln \frac{2\pi R_1}{S} \right)} \cdot U(U - U_{кр})$$

де $U = 80$ кВ = 80000 В - робоча напруга електрофільтра;

f – коефіцієнт, що залежить від співвідношення H/S . Приймається за таблицею 2.12.

K – швидкість руху іонів за напруженості поля $E = 1$ В/м. Приймається за таблицею 2.13

Таблиця 2.12 – Значення коефіцієнта f

H/S	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
f	0.08	0.068	0.046	0.035	0.027	0.022	0.0175	0.015	0.013	0.0115

Таблиця 2.13 - Швидкість руху іонів за напруженості поля $E = 1$ В/м

Речовина	$K \cdot 10^4, \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$	Речовина	$K \cdot 10^4, \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$
Азот	1.84/1.28	Вуглекислий газ (сухий)	0.96/-
Водень	8.13/5.92	Окис вуглецю	1.15/1.11
Кисень	1.84/1.32	Сірчаний ангідрид	0.41/0.41
Повітря (сухе)	2.1/1.32	Водяна пара	0.57/0.62

У чисельнику – дані для негативних іонів, у знаменнику – для позитивних.

Для повітря та димових газів приймаємо $K = 2,1 \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$

Напруженість електричного поля:

$$E = \sqrt{\frac{8 \cdot i_0 \cdot H}{4\pi \cdot K \cdot \varepsilon_0 \cdot S}}$$

де $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – діелектрична проникність вакууму;

В'язкість компонентів, що входять до складу димових газів за робочих умов:

$$\mu = \mu_0 \frac{273+C}{T+C} \sqrt{\left(\frac{273+T}{273}\right)^3}$$

Підставляючи різні значення μ_0 та C (табл. В.3 додатку В), знаходимо μ_{CO_2} ,

μ_{O_2} , $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$, μ_{N_2}

Відносна молекулярна маса газів, кг/моль:

$$M = \sum \alpha_i \cdot M_i$$

де α_i – доля і-го компонента в газовій суміші;

M_i – молекулярна маса і-го компонента. ($M_{\text{CO}_2} = 44$ кг/кмоль, $M_{\text{O}_2} = 32$ кг/кмоль,

$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18$ кг/кмоль, $M_{\text{N}_2} = 28$ кг/кмоль).

В'язкість димових газів:

$$\frac{M}{\mu} = \sum \alpha_i \frac{M_i}{\mu_i}$$

$$\mu = \frac{M}{\sum \frac{\alpha_i M_i}{\mu_i}}$$

Швидкість дрейфу частинок розміром від 2 до 50 мкм, м/с:

$$\omega_d = 0.118 \cdot 10^{-10} E^2 \cdot r / \mu,$$

де r – радіус частки, м.

Швидкість дрейфу частинок розміром менше від 0,1 до 2 мкм, м/с:

$$\omega'_d = 0,17 \cdot 10^{-11} \frac{E C_K}{\mu},$$

де C_K – виправлення Каннінгема-Міллікена;

$$C_K = 1 + A \cdot \lambda / r$$

де A – чисельний коефіцієнт, рівний $0,815 \dots 1,63$ (приймаємо $A=1$);
 $\lambda = 10^{-7}$ – довжина середнього вільного пробігу молекул газу.

Питома поверхня осадження, $\text{м}^2 \cdot \text{с} / \text{м}^3$:

$$f = F_3 / V_r$$

де F_3 – загальна площа осадження осаджувальних електродів (табл. В.2 додатка В).

Фракційний коефіцієнт очищення:

$$\eta_i = \left(1 - e^{-\frac{f \omega_{\partial i}}{2}} \right) \cdot 100\%$$

де $\omega_{\partial i}$ – швидкість дрейфу частки i -го розміру.

Загальний коефіцієнт очищення:

$$\eta = \sum \frac{\eta_i \Phi_i}{100}$$

де Φ_i - процентний вміст i -тої фракції.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Природоохоронні технології. Ч 1. Захист атмосфери / В.Г. Петрук, Л.І. Северин, І.В. Васильківський, І.І. Безвозюк. – Вінниця : УніверсумВінниця, 2010. – 318 с.
2. Климаш Р. Р. Дослідження поля швидкостей запиленого потоку повітря в трубопроводі децентралізованої аспіраційної системи / Р. Р. Климаш, В. В. Шостак, Л. О. Тисовський, Л. М. Дорундяк, А. В. Ляшеник // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.2. – С. 336-341.
3. Экология города : учебник / Под ред. Ф. В. Стольберга. – Київ : Либра, 2000. – 464 с.
4. Сухарев С.М., Чудак С.Ю., Сухарева О.Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-ге видання , стереотипне. – Львів: “Новий Світ-2000”, 2005. – 256 с.
5. Ратушняк Г. С., Лялюк О. Г. Технічні засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. 17 травня 2018 у Wayback Machine.. — Вінниця: ВНТУ, 2005. — 158 с.
6. Методичні рекомендації щодо виконання завдань практичних занять з дисципліни циклу професійної та практичної підготовки «Техніка та технології захисту атмосфери від забруднень» для студентів спеціальностей 101 Екологія, 183 Технології захисту навколишнього середовища всіх форм навчання.

Додаток А

Таблиця А.1 - Варіанти даних для розрахунку циклонів та батарейних циклонів

Параметр	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витрата, Q_0 , $\text{м}^3/\text{ч}$	5100	8000	7200	10000	4500	6600	7800	8500	9200	5800
t , °C	50	75	100	150	60	80	100	60	50	75
$\rho_{\text{ч}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$	1200	1250	1300	1350	1150	1200	1250	1300	1350	1150
μ_0 , $(\text{Н}\cdot\text{с})/\text{м}^2$	$1,717 \cdot 10^{-5}$									
Початкове запилення, $\text{г}/\text{м}^3$	80	120	40	80	120	150	10	20	40	150
Медіанний діаметр d_m , мкм	8	10	5	15	20	25	10	5	7	15
Конструкція циклону	Без дод. пристр оїв	З вихідним равником	Без дод. пристр оїв	З вихідним равником	Без дод. пристрої в	З вихідним равником	Без дод. пристрої в	З вихідним равником	Без дод. пристрої в	З вихідним равником

Таблиця А.2 - Значення нормальної функції розподілу

X	$\Phi(x)$	X	$\Phi(x)$	X	$\Phi(x)$	X	$\Phi(x)$
1	2	3	4	5	6	7	8
-2,7	0,0035	-1,06	0,1446	0	0,5	1,08	0,8599
-2,6	0,0047	-1,04	0,1492	0,02	0,508	1,1	0,8643
-2,5	0,0062	-1,02	0,1539	0,04	0,516	1,12	0,8686
-2,4	0,0082	-1	0,1587	0,06	0,5239	1,14	0,8729
-2,3	0,0107	-0,98	0,1635	0,08	0,5319	1,16	0,877
-2,2	0,0139	-0,96	0,1685	0,1	0,5398	1,18	0,881
-2,1	0,0179	-0,94	0,1736	0,12	0,5478	1,2	0,8849
-2	0,0228	-0,92	0,1788	0,14	0,5557	1,22	0,8888
-1,98	0,0239	-0,9	0,1841	0,16	0,5636	1,24	0,8925
-1,96	0,025	-0,88	0,1894	0,18	0,5714	1,26	0,8962
-1,94	0,0262	-0,86	0,1949	0,2	0,5793	1,28	0,8997
-1,92	0,0274	-0,84	0,2005	0,22	0,5871	1,3	0,9032
-1,9	0,0288	-0,82	0,2061	0,24	0,5948	1,32	0,9066
-1,88	0,0301	-0,8	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	0,3	0,6179	1,38	0,9162
-1,82	0,0344	-0,74	0,2297	0,32	0,6255	1,4	0,9192
-1,8	0,0359	-0,72	0,2358	0,34	0,6331	1,42	0,9222
-1,78	0,0375	-0,7	0,242	0,36	0,6406	1,44	0,9251
-1,76	0,0392	-0,68	0,2483	0,38	0,648	1,46	0,9279
-1,74	0,0409	-0,66	0,2546	0,4	0,6554	1,48	0,9306
-1,72	0,0427	-0,64	0,2611	0,42	0,6628	1,5	0,9332
-1,7	0,0446	-0,62	0,2676	0,44	0,67	1,52	0,9357
-1,68	0,0465	-0,6	0,2743	0,46	0,6772	1,54	0,9382
-1,66	0,0485	-0,58	0,281	0,48	0,6844	1,56	0,9406
-1,64	0,0505	-0,56	0,2877	0,5	0,6915	1,58	0,9429

-1,62	0,0526	-0,54	0,2946	0,52	0,6985	1,6	0,9452
-1,6	0,0548	-0,52	0,3015	0,54	0,7054	1,62	0,9474
-1,58	0,0571	-0,5	0,3085	0,56	0,7123	1,64	0,9495
-1,56	0,0594	-0,48	0,3156	0,58	0,719	1,66	0,9515
-1,54	0,0618	-0,46	0,3228	0,6	0,7257	1,68	0,9535
-1,52	0,0643	-0,44	0,33	0,62	0,7324	1,7	0,9554
-1,5	0,0668	-0,42	0,3372	0,64	0,7389	1,72	0,9573
-1,48	0,0694	-0,4	0,3446	0,66	0,7454	1,74	0,9591
-1,46	0,0721	-0,38	0,352	0,68	0,7517	1,76	0,9608
-1,44	0,0749	-0,36	0,3594	0,7	0,758	1,78	0,9625
-1,42	0,0778	-0,34	0,3669	0,72	0,7642	1,8	0,9641
-1,4	0,0808	-0,32	0,3745	0,74	0,7703	1,82	0,9656
-1,38	0,0838	-0,3	0,3821	0,76	0,7764	1,84	0,9671
-1,36	0,0896	-0,28	0,3897	0,78	0,7823	1,86	0,9686
-1,34	0,0901	-0,26	0,3974	0,8	0,7881	1,88	0,9699
-1,32	0,0934	-0,24	0,4052	0,82	0,7939	1,9	0,9713
-1,28	0,1003	-0,22	0,4129	0,84	0,7995	1,92	0,9726
-1,26	0,1038	-0,2	0,4207	0,86	0,8051	1,94	0,9738
-1,24	0,1075	-0,18	0,4286	0,88	0,8106	1,96	0,975
-1,22	0,1112	-0,16	0,4364	0,9	0,8159	1,98	0,9761
-1,2	0,1151	-0,14	0,4443	0,92	0,8212	2	0,9772
-1,18	0,119	-0,12	0,4522	0,94	0,8264	2,1	0,9821
-1,16	0,123	-0,1	0,4602	0,96	0,8315	2,2	0,9861
-1,14	0,1271	-0,08	0,4681	0,98	0,8365	2,3	0,9893
-1,12	0,1314	-0,06	0,4761	1	0,8413	2,4	0,9918
-1,1	0,1357	-0,04	0,484	1,02	0,8461	2,5	0,9938
-1,08	0,1401	-0,02	0,492	1,04	0,8508	2,6	49953
				1,06	0,8554	2,7	0,9965

Таблиця Б.1 - Варіанти даних для розрахунку скрубера Вентурі

Параметр	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витрата, V_0 , $\text{м}^3/\text{с}$	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3	2,5
$t_{\text{вх}}, ^\circ\text{C}$	50	75	100	150	60	80	100	60	50	75
ρ_0 , $\text{кг}/\text{м}^3$	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Початкова запиленість, q_2 , $\text{г}/\text{м}^3$	80	50	40	80	30	70	10	20	40	90
$P_{\text{бар}}$, Па	101000									

Таблиця В1 – Параметри В та X для деякого пилу

Вид пилу або туману	В	X	Варіант
Конвертерний пил (при продуванні киснем зверху)	$9,88 \cdot 10^{-2}$	0,4663	1
Тальк	0,206	0,3506	2
Вагранковий пил	$1,355 \cdot 10^{-2}$	0,6210	3
Мартенівський пил	$1,915 \cdot 10^{-2}$	0,5688	4
Пил вапняних печей	$6,5 \cdot 10^{-4}$	1,0529	5
Пил мартенівських печей, що працюють на дутті, збагаченому киснем	$1,565 \cdot 10^{-6}$	1,619	6
Пил мартенівських печей, що працюють на повітряному дутті	$1,74 \cdot 10^{-6}$	1,594	7
Пил з томасівського конвертера	0,268	0,2589	8
Уловлювання сажі, що утворюється при електрокрекінгу метану	10^{-5}	1,36	9
Відгони свинцю та цинку із шахтних печей	$6,74 \cdot 10^{-3}$	0,4775	10
Пил димових газів карбідної печі	$0,823 \cdot 10^{-3}$	0,914	11
Зола димових газів ТЕЦ (пилоподібне спалювання багатозольного вугілля)	$4,34 \cdot 10^{-3}$	0,3	12

Таблиця В.1 - Варіанти даних для розрахунку електрофільтру

Параметр	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витрата, V_0 , $\text{м}^3/\text{с}$	10,0	12,5	15,0	8,5	9,0	11,5	12,0	9,5	10,5	11,0
$t_{\text{вх}}$, $^{\circ}\text{C}$	150	175	100	250	160	180	200	260	130	225
ρ_0 , $\text{кг}/\text{м}^3$	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
$P_{\text{бар}}$, Па	101000									
Склад газів, що надходять до електрофільтру, мас. %	CO_2 - 13; H_2O - 8,5; O_2 - 6,5; N_2 - 72									
Швидкість газів в електроф., $\omega_{\text{г}}$, $\text{м}/\text{с}$	0,8									
Фракційний склад пилу										
Середній радіус частинок, мкм	0,5	2,5	5,0	10	15	20	25			
Зміст, мас. %	5,0	10,0	10,0	15	20	20	20			

Таблиця В.2 – Технічні характеристики електрофільтрів УГ

Показники	Типорозміри електрофільтрів										
	УГ1-2-10	УГ1-3-10	УГ1-2-15	УГ1-3-15	УГ2-3-26	УГ2-4-26	УГ2-3-37	УГ2-4-37	УГ2-3-53	УГ2-4-53	УГ2-3-74
Площа активного перерізу, м^2	10	10	15	15	26	26	37	37	53	53	74
Кількість полів, прим.	2	3	2	3	3	4	3	4	3	4	3
Крок між однойменними електродами, мм	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275
Активна висота електродів, м	4.2	4.2	4.2	4.2	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Активна довжина поля, м	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51	2.51
Загальна площа осадження осаджувальних електродів, м^2	420	630	630	940	1690	2250	2360	3150	3370	4500	4700
Габарити електрофільтра, м:											
- довжина	9.6	14.1	9.6	14.1	14.1	18.6	14.1	18.6	14.1	18.6	14.1
- висота	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
- ширина по осях	3.0	3.0	4.5	4.5	4.5	4.5	6.0	6.0	9.0	9.0	12.0

Продовження табл. В.2

Показники	Типорозміри електрофільтрів										
	УГ2-4-74	УГ3-3-88	УГ3-4-88	УГ3-3-115	УГ3-4-115	УГ3-3-177	УГ3-4-177	УГ3-3-230	УГ3-4-230	УГ3-3-265	УГ3-4-265
Площа активного перерізу, м ²	74	88	88	115	115	177	177	230	230	265	265
Кількість полів, прим.	4	3	4	3	4	3	4	3	4	3	4
Крок між однойменними електродами, мм	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275
Активна висота електродів, м	7.46	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16
Активна довжина поля, м	2.51	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95
Загальна площа осадження осаджувальних електродів, м ²	6300	9200	1230	12100	13100	18400	24600	24200	32200	27600	36900
Габарити електрофільтра, м:											
- довжина	18.6	18.8	24.8	18.8	24.8	18.8	24.8	18.8	24.8	18.8	24.8
- висота	15.4	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8
- ширина по осях	12.0	9.0	9.0	12.0	12.0	18.0	18.0	24.0	24.0	27.0	27.0

Таблиця В.3 - Основні фізичні властивості газів

Газ	Щільність при 0°C та тиску 0,101 МПа кг/м ³	Відносна молекулярна маса, кг/кмоль	Газова постійна, Дж/(кг °C)	Питома теплоємність при 20 °C та 0.101 МПа кДж/(кг°C)		В'язкість при 0°C та тиску 0,101 МПа		Температура кипіння при тиску 0,101 МПа, °C
				C _p	C _v	μ · 10 ⁶ Н·с/м ²	Константа C*	
Азот N ₂	1.2507	28.02	297	1.04	0.74 5	17	114	-195.78
Аміак NH ₃	1.771	17.03	488	2.24	1.67	9.18	626	-33.4
Повітря	1.293	28.95	288	1.01	0.72	17.5	124	-195
Водень H ₂	0.08985	2.016	4130	1.42	1.01	8.42	73	-252.754
Водяна пара	0.804	18.02	430	2.01	-	10.0	961	-
Гелій	0.1785	4.00	2080	5.27	3.18	18.8	78	-268.95
Двоокис сірки NO ₂	46.01	18.4	180	0.802	0.61 4	-	-	+21.2
Двоокис азоту SO ₂	2927	64.07	130	0.631	0.50 1	11.7	396	-10.8
Двоокисвугл ецю CO ₂	1.976	44.01	189	0.836	0.65 1	13.7	254	-78.2 (возг)
Кисень O ₂	1.42895	32	260	0.911	0.65 1	20.3	131	-182.98
Метан CH ₄	0.717	16.04	519	2.22	1.67	10.3	162	-161.58
Окис вуглецю CO	1.25	28.01	297	1.05	0.75 3	16.6	100	-191.48
Сірководень H ₂ S	1.593	34.08	244	1.06	0.80 1	11.6	-	-60.2
Хлор Cl ₂	3.217	70.91	117	0.482	0.36	12.9 (16 °C)	351	-33.8

C* - константа, значення якої знаходять із рівняння в'язкості газів.