

**Кафедра прикладної механіки
факультету техногенно-екологічної безпеки
Національного університету цивільного захисту України**

ПРОЕКТУВАННЯ Й КОНСТРУЮВАННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ
КОНТРОЛЬНИХ (МОДУЛЬНИХ) РОБІТ**

Харків 2018

Друкується за рішенням кафедри
прикладної механіки НУЦЗУ
Протокол від __.__.201__ р. № __

Укладачі: С.О.Вамболь, В.Ю. Колосков

Рецензенти:

Проектування й конструювання систем забезпечення екологічної безпеки. Методичні вказівки до виконання контрольних (модульних) робіт / Уклад. С.О.Вамболь, В.Ю.Колосков.- Х.: НУЦЗУ, 2018.-__ с.

Методичні вказівки містять стислі теоретичні обґрунтування та методичні рекомендації щодо виконання контрольних (модульних) робіт з дисципліни «Проектування й конструювання систем забезпечення екологічної безпеки», які дозволяють отримати уявлення про принципи, підходи та методики конструкторського розрахунку та проектування засобів захисту навколишнього природного середовища від шкідливого антропогенного впливу.

Для курсантів, студентів і слухачів відповідно до програми вищої освіти у магістратурі за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища» та «Екологія». Може бути корисним під час аудиторних занять та для самостійної роботи.

Відповідальний за випуск В.Ю.Колосков

© Національний університет цивільного захисту України, 2018

1. РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА №1. ПРОЕКТУВАННЯ Й КОНСТРУЮВАННЯ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ ВИКИДНИХ ГАЗІВ

1.1 Задача № 1. Розрахунок й проектування пилоосаджувальної камери з горизонтальними полками

За заданих у таблиці 1.1 вихідних даних визначити конструктивні параметри пилоосаджувальної камери з горизонтальними полками. № варіанту обирається за списком у журналі групи.

Таблиця 1.1. Вихідні дані для задачі № 1

| № варіанту | Матеріал частинок пилу | Густина матеріалу частинки $\rho_{ч}$, кг/м ³ | Діаметр частинки d , м | Об'ємна витрата газу Q , м ³ /с | Температура газу T , °C |
|------------|------------------------|---|--------------------------|--|---------------------------|
| 1 | Зола | 2200 | $50 \cdot 10^{-6}$ | 0,2 | 150 |
| 2 | Вапняк | 2650 | $80 \cdot 10^{-6}$ | 0,4 | 200 |
| 3 | Крейда | 2200 | $60 \cdot 10^{-6}$ | 0,6 | 250 |
| 4 | Кварц | 2650 | $100 \cdot 10^{-6}$ | 0,8 | 300 |
| 5 | Цемент | 2900 | $70 \cdot 10^{-6}$ | 1 | 350 |
| 6 | Вугілля | 1350 | $90 \cdot 10^{-6}$ | 0,2 | 400 |
| 7 | Зола | 2200 | $50 \cdot 10^{-6}$ | 0,4 | 450 |
| 8 | Вапняк | 2650 | $80 \cdot 10^{-6}$ | 0,6 | 500 |
| 9 | Крейда | 2200 | $60 \cdot 10^{-6}$ | 0,8 | 550 |
| 10 | Кварц | 2650 | $100 \cdot 10^{-6}$ | 1 | 600 |
| 11 | Цемент | 2900 | $70 \cdot 10^{-6}$ | 0,2 | 150 |
| 12 | Вугілля | 1350 | $90 \cdot 10^{-6}$ | 0,4 | 200 |
| 13 | Зола | 2200 | $50 \cdot 10^{-6}$ | 0,6 | 250 |
| 14 | Вапняк | 2650 | $80 \cdot 10^{-6}$ | 0,8 | 300 |
| 15 | Крейда | 2200 | $60 \cdot 10^{-6}$ | 1 | 350 |
| 16 | Кварц | 2650 | $100 \cdot 10^{-6}$ | 0,2 | 400 |
| 17 | Цемент | 2900 | $70 \cdot 10^{-6}$ | 0,4 | 450 |
| 18 | Вугілля | 1350 | $90 \cdot 10^{-6}$ | 0,6 | 500 |
| 19 | Зола | 2200 | $50 \cdot 10^{-6}$ | 0,8 | 550 |
| 20 | Вапняк | 2650 | $80 \cdot 10^{-6}$ | 1 | 600 |
| 21 | Крейда | 2200 | $60 \cdot 10^{-6}$ | 0,2 | 150 |
| 22 | Кварц | 2650 | $100 \cdot 10^{-6}$ | 0,4 | 200 |
| 23 | Цемент | 2900 | $70 \cdot 10^{-6}$ | 0,6 | 250 |
| 24 | Вугілля | 1350 | $90 \cdot 10^{-6}$ | 0,8 | 300 |
| 25 | Зола | 2200 | $50 \cdot 10^{-6}$ | 1 | 350 |
| 26 | Вапняк | 2650 | $80 \cdot 10^{-6}$ | 0,2 | 400 |
| 27 | Крейда | 2200 | $60 \cdot 10^{-6}$ | 0,4 | 450 |
| 28 | Кварц | 2650 | $100 \cdot 10^{-6}$ | 0,6 | 500 |
| 29 | Цемент | 2900 | $70 \cdot 10^{-6}$ | 0,8 | 550 |
| 30 | Вугілля | 1350 | $90 \cdot 10^{-6}$ | 1 | 600 |

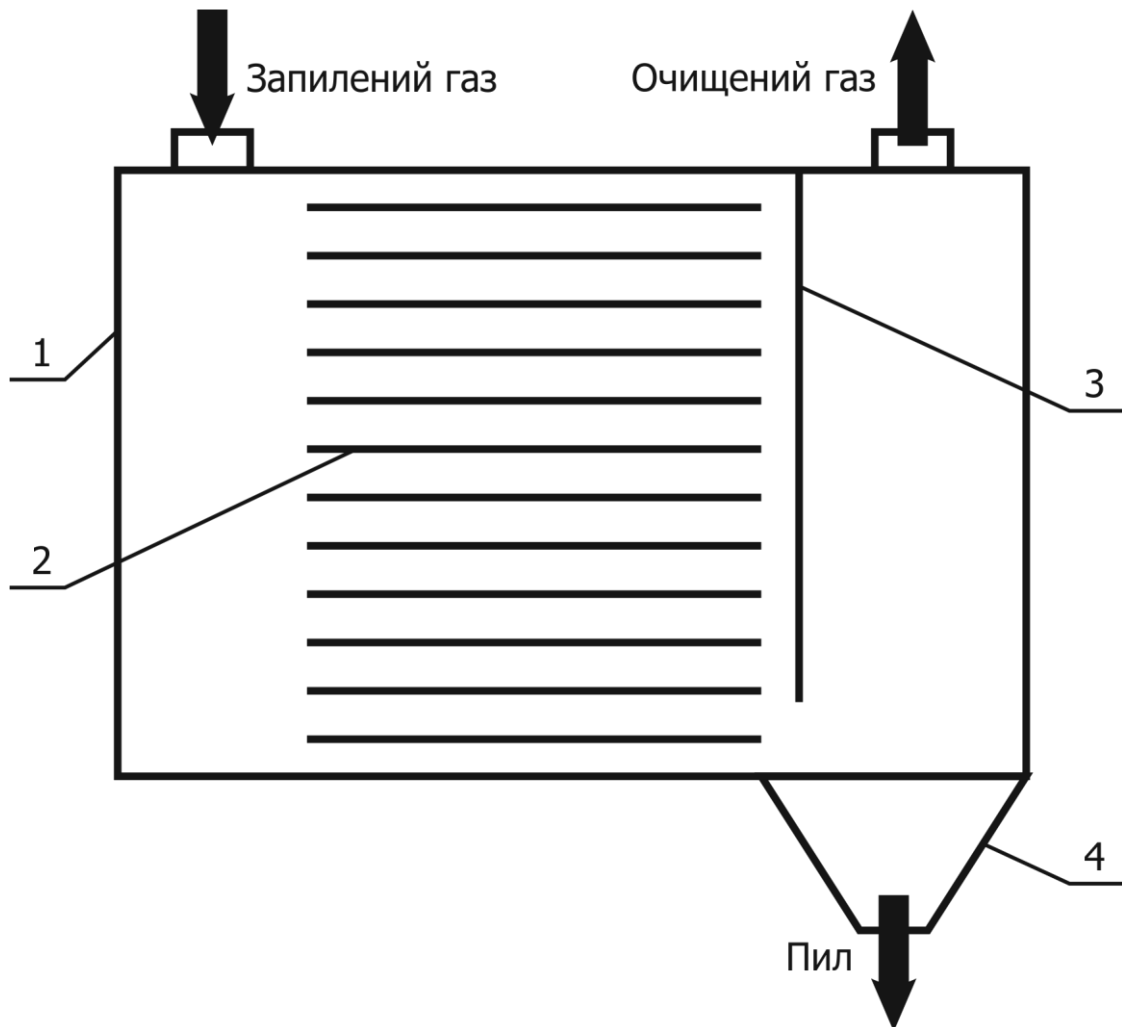


Рисунок 1.1 – Схема пилоосаджувальної камери:
 1 – корпус; 2 – полки; 3 – відбивна перегородка; 4 – бункер

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Обраховуємо величину критерію Архімеда Ar за формулою

$$Ar = \frac{g \cdot d^3 \cdot (\rho_{\text{част}} - \rho) \cdot \rho}{\mu^2}, \quad (1.1)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння; d – діаметр кулеподібної частинки, м; $\rho_{\text{част}}$ – густина матеріалу частинки, кг/м^3 ; ρ – густина газового середовища за заданої температури газу T , кг/м^3 (див. табл. 1.2); μ – динамічний коефіцієнт в'язкості газового середовища за заданої температури газу T , $\text{Па} \cdot \text{с}$ (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2. Значення густини ρ та динамічного коефіцієнту в'язкості μ повітря за різних температур T

| T , °C | ρ , кг/м ³ | μ , Па·с | T , °C | ρ , кг/м ³ | μ , Па·с | T , °C | ρ , кг/м ³ | μ , Па·с |
|-------------|-------------------------------|----------------------|-------------|-------------------------------|----------------------|-------------|-------------------------------|----------------------|
| -50 | 1,584 | $14,6 \cdot 10^{-6}$ | 70 | 1,029 | $20,6 \cdot 10^{-6}$ | 450 | 0,49 | $34,6 \cdot 10^{-6}$ |
| -45 | 1,549 | $14,9 \cdot 10^{-6}$ | 80 | 1 | $21,1 \cdot 10^{-6}$ | 500 | 0,456 | $36,2 \cdot 10^{-6}$ |
| -40 | 1,515 | $15,2 \cdot 10^{-6}$ | 90 | 0,972 | $21,5 \cdot 10^{-6}$ | 550 | 0,43 | $37,7 \cdot 10^{-6}$ |
| -35 | 1,484 | $15,5 \cdot 10^{-6}$ | 100 | 0,946 | $21,9 \cdot 10^{-6}$ | 600 | 0,404 | $39,1 \cdot 10^{-6}$ |
| -30 | 1,453 | $15,7 \cdot 10^{-6}$ | 110 | 0,922 | $22,4 \cdot 10^{-6}$ | 650 | 0,383 | $40,5 \cdot 10^{-6}$ |
| -25 | 1,424 | $16 \cdot 10^{-6}$ | 120 | 0,898 | $22,8 \cdot 10^{-6}$ | 700 | 0,362 | $41,8 \cdot 10^{-6}$ |
| -20 | 1,395 | $16,2 \cdot 10^{-6}$ | 130 | 0,876 | $23,3 \cdot 10^{-6}$ | 750 | 0,346 | $43,1 \cdot 10^{-6}$ |
| -15 | 1,369 | $16,5 \cdot 10^{-6}$ | 140 | 0,854 | $23,7 \cdot 10^{-6}$ | 800 | 0,329 | $44,3 \cdot 10^{-6}$ |
| -10 | 1,342 | $16,7 \cdot 10^{-6}$ | 150 | 0,835 | $24,1 \cdot 10^{-6}$ | 850 | 0,315 | $45,5 \cdot 10^{-6}$ |
| -5 | 1,318 | $17 \cdot 10^{-6}$ | 160 | 0,815 | $24,5 \cdot 10^{-6}$ | 900 | 0,301 | $46,7 \cdot 10^{-6}$ |
| 0 | 1,293 | $17,2 \cdot 10^{-6}$ | 170 | 0,797 | $24,9 \cdot 10^{-6}$ | 950 | 0,289 | $47,9 \cdot 10^{-6}$ |
| 10 | 1,247 | $17,6 \cdot 10^{-6}$ | 180 | 0,779 | $25,3 \cdot 10^{-6}$ | 1000 | 0,277 | $49 \cdot 10^{-6}$ |
| 15 | 1,226 | $17,9 \cdot 10^{-6}$ | 190 | 0,763 | $25,7 \cdot 10^{-6}$ | 1050 | 0,267 | 50,1 |
| 20 | 1,205 | $18,1 \cdot 10^{-6}$ | 200 | 0,746 | $26 \cdot 10^{-6}$ | 1100 | 0,257 | $51,2 \cdot 10^{-6}$ |
| 30 | 1,165 | $18,6 \cdot 10^{-6}$ | 250 | 0,674 | $27,4 \cdot 10^{-6}$ | 1150 | 0,248 | $52,4 \cdot 10^{-6}$ |
| 40 | 1,128 | $19,1 \cdot 10^{-6}$ | 300 | 0,615 | $29,7 \cdot 10^{-6}$ | 1200 | 0,239 | $53,5 \cdot 10^{-6}$ |
| 50 | 1,093 | $19,6 \cdot 10^{-6}$ | 350 | 0,566 | $31,4 \cdot 10^{-6}$ | | | |
| 60 | 1,06 | $20,1 \cdot 10^{-6}$ | 400 | 0,524 | $33 \cdot 10^{-6}$ | | | |

Якщо, $Ar < 3,6$ швидкість осаджування кулеподібної частинки w_{oc} , м/с, можна визначити за формулою Стокса для ламінарного режиму осаджування

$$w_{oc} = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_{част} - \rho)}{18 \cdot \mu} \quad (1.2)$$

У випадку $Ar \geq 3,6$ використовуємо більш складну формулу

$$w_{oc} = \frac{g \cdot d^2 \cdot (\rho_{част} - \rho)}{(18 + 0,61\sqrt{Ar}) \cdot \mu} \quad (1.3)$$

яку можна отримати за рівнянням для критерію Рейнольдса

$$Re = \frac{w_{oc} \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (1.4)$$

а також за рівнянням Тодеса

$$Re = \frac{Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}}, \quad (1.5)$$

прирівнявши праві частини рівнянь (1.4) та (1.5) та виразивши далі величину w_{oc} .

2. Обраховуємо потрібну площу осаджування F_{oc} , м² за формулою:

$$F_{oc} = \frac{Q}{w'_{oc}}, \quad (1.6)$$

де Q – об'ємна витрата газу, м³/с; w'_{oc} – дійсна швидкість осаджування, значення якої обчислюємо приблизно за формулою:

$$w'_{oc} = 0,5 \cdot w_{oc}. \quad (1.7)$$

3. З конструктивних міркувань задаємо співвідношення довжини L , м та ширини B , м пилоосаджувальної камери (рекомендоване співвідношення $k = L/B = 2$). Оскільки камера має у плані форму прямокутника, площа осаджування дорівнюватиме

$$F_{oc} = L \cdot B = \frac{L^2}{k}, \quad (1.8)$$

потрібну довжину камери можна обрахувати за формулою:

$$L = \sqrt{k \cdot F_{oc}}. \quad (1.9)$$

Отримане значення довжини можна збільшувати з конструктивних міркувань, полегшуючи цим процес виготовлення камери.

4. Визначаємо висоту пилоосаджувальної камери H , м, приймаючи її з конструктивних міркувань рівною довжині камери

$$H = L. \quad (1.10)$$

5. Обраховуємо лінійну швидкість газу між полками камери w_{Γ} , м/с за формулою:

$$w_{\Gamma} = \frac{Q}{B \cdot H}. \quad (1.11)$$

5. Обраховуємо час знаходження газу у пилоосаджувальній камері τ , с за формулою:

$$\tau = \frac{L}{w_{\Gamma}}. \quad (1.12)$$

6. Обраховуємо потрібну відстань між полками камери h , м за формулою:

$$h = w'_{oc} \cdot \tau. \quad (1.13)$$

6. Обраховуємо кількість полок у пилоосаджувальній камері N_{Π} за формулою:

$$N_{\Pi} = \frac{H}{h} - 1, \quad (1.14)$$

округлюючи отримане значення до найближчого цілого.

8. Товщину стінок камери, а також розміри допоміжних відсіків приймають з конструктивних міркувань.

9. За визначеними розмірами будуємо у масштабі ескіз пилоосаджувальної камери за зразком на рисунку 1.2. Стінки камери та допоміжні відсіки показати схематично. Розміри позначити у міліметрах.

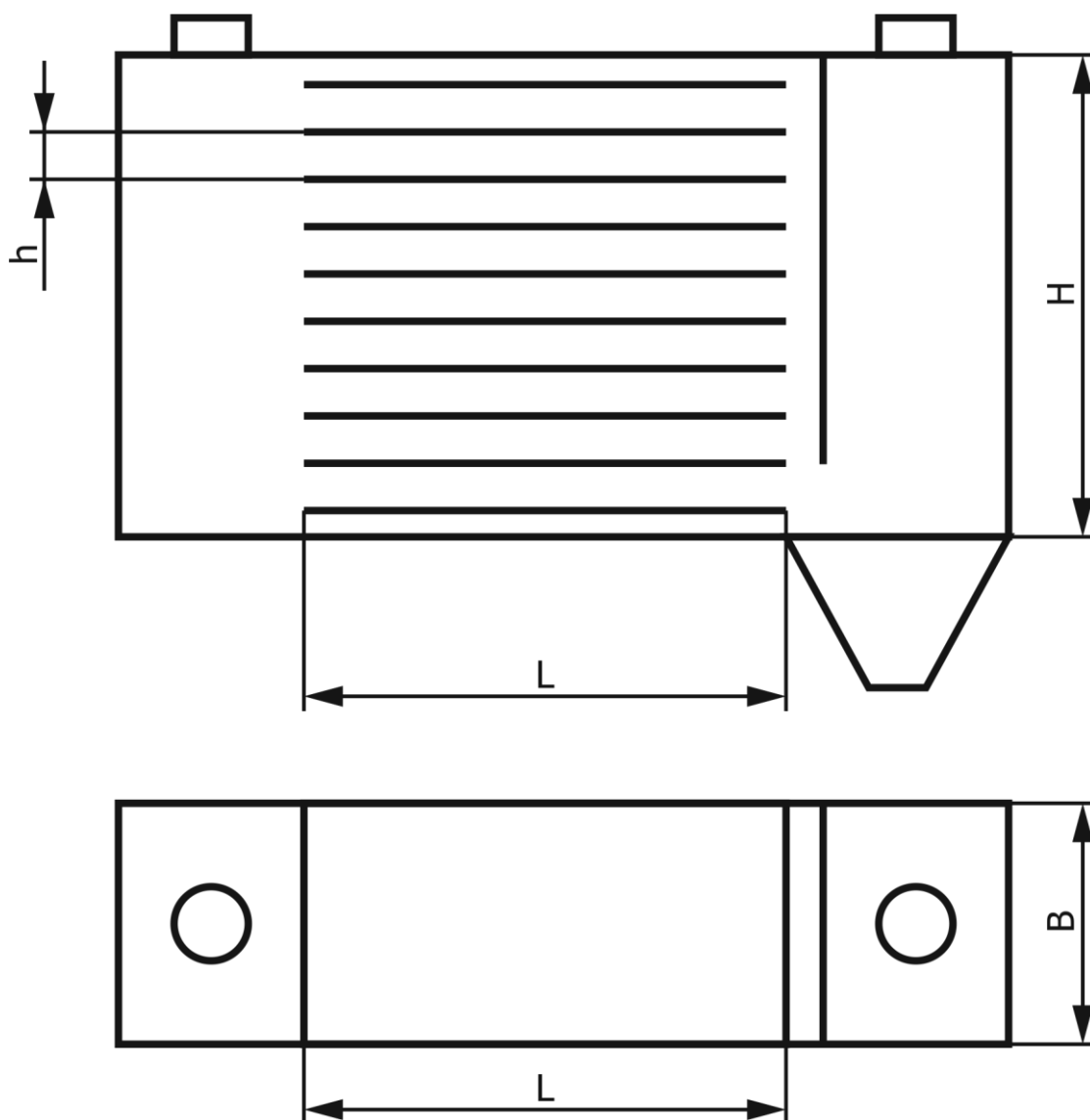


Рисунок 1.2 – Зразок побудови ескізу пилоосаджувальної камери з горизонтальними полками

1.2 Задача № 2. Розрахунок й проектування циклону

За заданих у таблиці 1.3 вихідних даних визначити конструктивні параметри циклону. № варіанту обирається за списком у журналі групи.

Таблиця 1.3. Вихідні дані для задачі № 2

| № варіанту | Матеріал частинок пилу | Густина матеріалу частинки $\rho_{ч}$, кг/м ³ | Ступінь полідисперсності пилу $lg \sigma_{\psi}$ | Об'ємна витрата газу Q , м ³ /с | Температура газу T , °С | Концентрація пилу на вході у циклон $C_{вх}$, г/м ³ | Вид циклону (Ц – циліндричний, К – конічний) |
|------------|------------------------|---|--|--|---------------------------|---|--|
| 1 | Зола | 2200 | 0,527 | 0,2 | 150 | 10,38 | Ц |
| 2 | Вапняк | 2650 | 0,384 | 0,4 | 200 | 0,85 | К |
| 3 | Крейда | 2200 | 0,422 | 0,6 | 250 | 20,38 | Ц |
| 4 | Кварц | 2650 | 0,405 | 0,8 | 300 | 1,85 | К |
| 5 | Цемент | 2900 | 0,468 | 1 | 350 | 16,38 | Ц |
| 6 | Вугілля | 1350 | 0,334 | 0,2 | 400 | 5,85 | К |
| 7 | Зола | 2200 | 0,527 | 0,4 | 450 | 12,15 | Ц |
| 8 | Вапняк | 2650 | 0,384 | 0,6 | 500 | 0,92 | К |
| 9 | Крейда | 2200 | 0,422 | 0,8 | 550 | 22,15 | Ц |
| 10 | Кварц | 2650 | 0,405 | 1 | 600 | 1,92 | К |
| 11 | Цемент | 2900 | 0,468 | 0,2 | 150 | 17,15 | Ц |
| 12 | Вугілля | 1350 | 0,334 | 0,4 | 200 | 5,92 | К |
| 13 | Зола | 2200 | 0,527 | 0,6 | 250 | 9,76 | Ц |
| 14 | Вапняк | 2650 | 0,384 | 0,8 | 300 | 0,74 | К |
| 15 | Крейда | 2200 | 0,422 | 1 | 350 | 19,76 | Ц |
| 16 | Кварц | 2650 | 0,405 | 0,2 | 400 | 1,74 | К |
| 17 | Цемент | 2900 | 0,468 | 0,4 | 450 | 15,76 | Ц |
| 18 | Вугілля | 1350 | 0,334 | 0,6 | 500 | 5,74 | К |
| 19 | Зола | 2200 | 0,527 | 0,8 | 550 | 11,43 | Ц |
| 20 | Вапняк | 2650 | 0,384 | 1 | 600 | 0,78 | К |
| 21 | Крейда | 2200 | 0,422 | 0,2 | 150 | 21,43 | Ц |
| 22 | Кварц | 2650 | 0,405 | 0,4 | 200 | 1,78 | К |
| 23 | Цемент | 2900 | 0,468 | 0,6 | 250 | 17,43 | Ц |
| 24 | Вугілля | 1350 | 0,334 | 0,8 | 300 | 5,78 | К |
| 25 | Зола | 2200 | 0,527 | 1 | 350 | 10,94 | Ц |
| 26 | Вапняк | 2650 | 0,384 | 0,2 | 400 | 0,82 | К |
| 27 | Крейда | 2200 | 0,422 | 0,4 | 450 | 20,94 | Ц |
| 28 | Кварц | 2650 | 0,405 | 0,6 | 500 | 1,82 | К |
| 29 | Цемент | 2900 | 0,468 | 0,8 | 550 | 16,94 | Ц |
| 30 | Вугілля | 1350 | 0,334 | 1 | 600 | 5,82 | К |

Для всіх варіантів максимальний діаметр циклону обмежено конструктивними монтажними вимогами $D_{\max} = 1,5 \text{ м}$. Вихлоп відбувається у гідравлічну мережу.

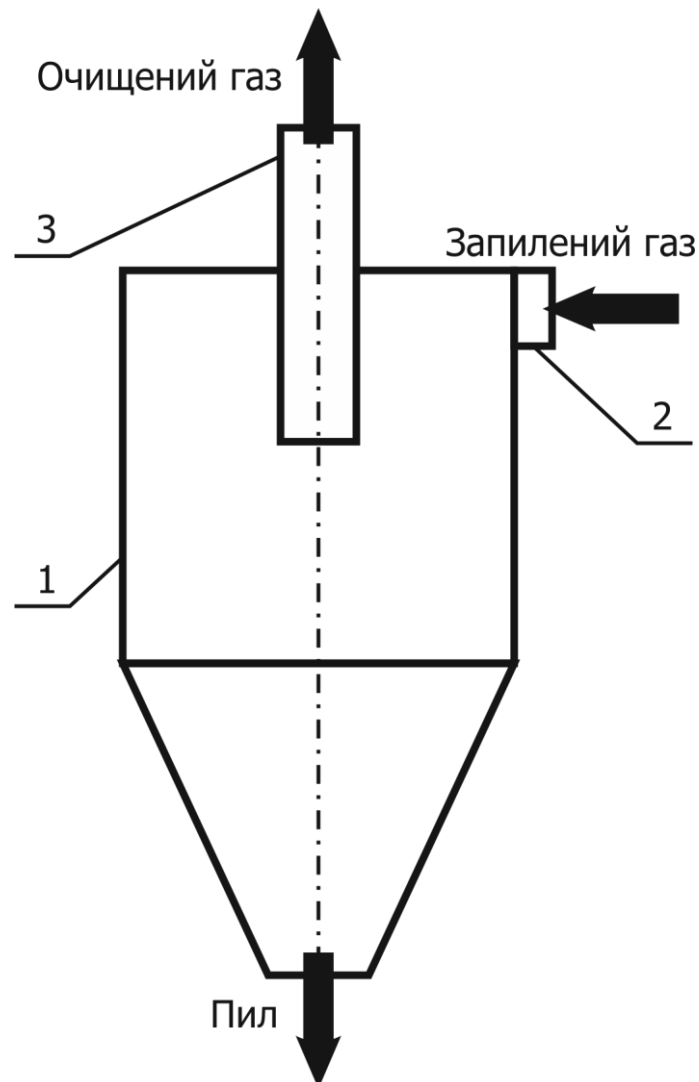


Рисунок 1.3 – Схема циклону:
1 – корпус; 2 – вхідний патрубок; 3 – вихідний патрубок

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Обираємо тип циклону для заданого виду за таблицю 1.4.
За таблицю 1.4 визначаємо величину оптимальної швидкості газу у циклоні $w_{\text{опт}}$, м/с.

Таблиця 1.4. Параметри циклонів

| Вид циклону | Циліндричний | | | Конічний | | |
|------------------------|--------------|-------|-------|-----------|----------|-----------|
| | ЦН-11 | ЦН-15 | ЦН-24 | СДК-ЦН-33 | СК-ЦН-34 | СК-ЦН-34м |
| $w_{\text{опт}}$, м/с | 3,5 | 3,5 | 4,5 | 2,0 | 1,7 | 1,7 |
| d_{50}^T , мкм | 3,65 | 6 | 8,5 | 2,31 | 1,95 | 1,3 |
| $\ln \sigma_{\eta}$ | 0,352 | 0,352 | 0,308 | 0,364 | 0,308 | 0,340 |

2. Обраховуємо потрібний діаметр циліндричної частини циклону D , м за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot n \cdot w_{\text{опт}}}}, \quad (1.15)$$

де Q – об’ємна витрата газу, $\text{м}^3/\text{с}$; n – кількість циклонів (задаємо самостійно з конструктивних міркувань, початкове значення для розрахунків $n = 1$).

Отримане значення діаметру D необхідно округлити до найближчого значення з наступного ряду типових чисел:

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;
2,4; 3,0.

Зазвичай діаметр циліндричних циклонів не перевищує 2 м, а конічних 3 м. Також на величину діаметру можуть бути накладені обмеження через неможливість встановлення завеликого пристрою у відведеному для нього приміщенні. Якщо умова

$$D \leq D_{\text{max}} \quad (1.16)$$

не виконується, збільшуємо кількість циклонів n та повторюємо розрахунок діаметру D за формулою (1.15).

3. Обраховуємо дійсну швидкість газу у циклоні w , м за формулою:

$$w = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2 \cdot n}. \quad (1.17)$$

Дійсна швидкість газу в циклоні має відрізнятися від оптимальної не більше ніж на 15 %. Якщо умова

$$\left| \frac{W - W_{\text{опт}}}{W_{\text{опт}}} \right| \cdot 100\% \leq 15\% \quad (1.18)$$

не виконується, збільшуємо кількість циклонів n та повторюємо розрахунок за пунктами 2 та 3.

4. Обраховуємо коефіцієнт гідравлічного опору ξ циклону або групи циклонів за формулою:

$$\xi = k_1 \cdot k_2 \cdot \xi_{500} + k_3, \quad (1.19)$$

де k_1 – поправочний коефіцієнт на діаметр циклону (див. табл. 1.5);
 k_2 – поправочний коефіцієнт на запиленість газів (див. табл. 1.6);
 ξ_{500} – коефіцієнт гідравлічного опору одиночного циклону діаметром 0,5 м = 500 мм (див. табл. 1.7); k_3 – поправочний коефіцієнт, який враховує додаткові втрати тиску, пов'язані з компоновкою циклону у групу (для одиночного циклону приймають значення $k_3 = 0$).

Таблиця 1.5. Значення поправочного коефіцієнта k_1

| Тип циклону | Діаметр циліндричної частини циклону D , мм | | | | | |
|-------------|---|------|------|------|-----|------|
| | 150 | 200 | 300 | 450 | 500 | >500 |
| ЦН-11 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,99 | 1 | 1 |
| ЦН-15 | 0,85 | 0,9 | 0,93 | 1 | 1 | 1 |
| ЦН-24 | 0,85 | 0,9 | 0,93 | 1 | 1 | 1 |
| СДК-ЦН-33 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| СК-ЦН-34 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| СК-ЦН-34м | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

Таблиця 1.6. Значення поправочного коефіцієнта k_2

| Тип циклону | Концентрація пилу на вході у циклон $C_{\text{вх}}$, г/м ³ | | | | | | |
|-------------|--|------|-------|------|-------|------|-------|
| | 0 | 10 | 20 | 40 | 80 | 120 | 150 |
| ЦН-11 | 1 | 0,96 | 0,94 | 0,92 | 0,9 | 0,87 | — |
| ЦН-15 | 1 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,9 | 0,87 | 0,86 |
| 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 1.7. Значення коефіцієнта гідравлічного опору ξ_{500}

| Тип циклону | При вихлопі у атмосферу | При вихлопі у гідравлічну мережу |
|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| ЦН-11 | 245 | 250 |
| ЦН-15 | 155 | 163 |
| ЦН-24 | 75 | 80 |
| СДК-ЦН-33 | 520 | 600 |
| СК-ЦН-34 | 1050 | 1150 |
| СК-ЦН-34м | — | 2000 |

5. Обраховуємо гідравлічний опір циклону ΔP , Па за формулою:

$$\Delta P = \xi \cdot \rho \frac{w^2}{2}, \quad (1.20)$$

де ρ – густина газового середовища за заданої температури газу T , кг/м³ (див. табл. 1.2).

6. Обраховуємо діаметр d_{50} частинок, які вловлюватимуться у циклоні на 50 %, за формулою:

$$d_{50} = d_{50}^T \sqrt{\frac{D}{D_T} \cdot \frac{\rho_{\text{ч}}^T}{\rho_{\text{ч}}} \cdot \frac{\mu}{\mu_T} \cdot \frac{w_T}{w}}, \quad (1.21)$$

де μ – динамічний коефіцієнт в'язкості газового середовища за заданої температури газу T , Па·с (див. табл. 1.2). Параметри з індексом «Т» визначаються для стандартних умов роботи типового циклону, зокрема:

$$D_T = 0,6 \text{ м}; \quad w_T = 3,5 \text{ м/с}; \quad \rho_{\text{ч}}^T = 1930 \text{ кг/м}^3; \quad \mu_T = 22 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Значення d_{50}^T знаходимо за таблицею 1.4.

7. Обраховуємо ефективність очищення газу у циклоні η за формулою:

$$\eta = 0,5 \cdot [1 + \Phi(x)], \quad (1.22)$$

де $\Phi(x)$ – таблична величина нормальної функції розподілу від параметру x (див. табл. 1.8).

Таблиця 1.8. Значення нормальної функції розподілу $\Phi(x)$

| x | $\Phi(x)$ | x | $\Phi(x)$ | x | $\Phi(x)$ | x | $\Phi(x)$ |
|------|-----------|------|-----------|-----|-----------|-----|-----------|
| -2,6 | 0,0047 | -1,2 | 0,1151 | 0,2 | 0,5793 | 1,6 | 0,9452 |
| -2,4 | 0,0082 | -1,0 | 0,1587 | 0,4 | 0,6554 | 1,8 | 0,9641 |
| -2,2 | 0,0139 | -0,8 | 0,2119 | 0,6 | 0,7257 | 2,0 | 0,9772 |
| -2,0 | 0,0228 | -0,6 | 0,2743 | 0,8 | 0,7881 | 2,2 | 0,9861 |
| -1,8 | 0,0359 | -0,4 | 0,3446 | 1,0 | 0,8413 | 2,4 | 0,9918 |
| -1,6 | 0,0548 | -0,2 | 0,4207 | 1,2 | 0,8849 | 2,6 | 0,9953 |
| -1,4 | 0,0808 | 0 | 0,5 | 1,4 | 0,9192 | | |

Значення параметру x обраховуємо за формулою:

$$x = \frac{\lg\left(\frac{d_{50}}{d_{50}^T}\right)}{\sqrt{\lg^2 \sigma_\eta + \lg^2 \sigma_\chi}}, \quad (1.23)$$

де $\ln \sigma_\eta$ – дисперсія функції фракційного ступеню очищення $\eta(d)$ для типового циклону (див. табл. 1.4); $\ln \sigma_\chi$ – ступінь полідисперсності пилу (заданий за вихідними даними).

8. Розміри елементів циклону визначають у стандартизованих співвідношеннях до діаметру циліндричної частини D . За таблицями 1.9 та 1.10 обираємо відповідні коефіцієнти пропорційності та обраховуємо відповідні розміри елементів циклону у міліметрах. Результати обрахунків округлюють до цілих міліметрів. Результати розрахунків формуємо у вигляді таблиці за зразком таблиці 1.9 для циліндричних циклонів або таблиці 1.10 для конічних.

9. Товщину стінок циклону, а також розміри допоміжних відсіків приймають з конструктивних міркувань.

10. За визначеними розмірами будуємо у масштабі ескіз циклону за зразком на рисунках 1.4 або 1.5. Стінки циклону показати схематично. Розміри позначити у міліметрах.

Таблиця 1.9. Геометричні параметри циліндричних циклонів

| Геометричний розмір | Тип циклону | | |
|--|-------------|-------|-------|
| | ЦН-11 | ЦН-15 | ЦН-24 |
| Кут нахилу кришки та вхідного патрубку α , град | 11 | 15 | 24 |
| Висота вхідного патрубку $h_{\text{п}}$ | 0,48 | 0,66 | 1,11 |
| Висота вихлопної труби $h_{\text{т}}$ | 1,56 | 1,74 | 2,11 |
| Висота циліндричної частини циклону $H_{\text{ц}}$ | 2,06 | 2,26 | 2,11 |
| Висота конічної частини циклону $H_{\text{к}}$ | 2,0 | 2,0 | 1,75 |
| Загальна висота циклону H | 4,38 | 4,56 | 4,26 |
| Внутрішній діаметр пиловипускного отвору d_1 | 0,3...0,4 | | |
| Ширина вхідного патрубку в циклоні $b_{\text{ц}}$ | 0,2 | | |
| Ширина вхідного патрубку на вході b | 0,26 | | |
| Довжина вхідного патрубку l | 0,6 | | |
| Висота фланця $H_{\text{фл}}$ | 0,1 | | |

Таблиця 1.10. Геометричні параметри конічних циклонів

| Геометричний розмір | Тип циклону | | |
|--|---|-----------|-----------|
| | СДК-ЦН-33 | СК-ЦН-34 | СК-ЦН-34м |
| Висота циліндричної частини циклону $H_{\text{ц}}$ | 0,535 | 0,515 | 0,4 |
| Висота заглиблення вихлопної труби $h_{\text{т}}$ | 0,535 | 0,515 | 0,4 |
| Висота конічної частини циклону $H_{\text{к}}$ | 3,0 | 2,11 | 2,6 |
| Внутрішній діаметр вихлопної труби d | 0,334 | 0,340 | 0,22 |
| Внутрішній діаметр пиловипускного отвору d_1 | 0,334 | 0,229 | 0,18 |
| Ширина вхідного патрубку b | 0,264 | 0,214 | 0,18 |
| Висота зовнішньої частини вихлопної труби $h_{\text{в}}$ | 0,2...0,3 | 0,515 | 0,3 |
| Висота фланця $H_{\text{фл}}$ | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Загальна висота циклону H | $H_{\text{ц}} + H_{\text{к}} + h_{\text{в}}$ | | |
| Довжина вхідного патрубку l | 0,6 | 0,6 | 0,6 |
| Висота вхідного патрубку $h_{\text{п}}$ | 0,535 | 0,2...0,6 | 0,4 |
| Поточний радіус равлика $r_{\text{р}}$, м | $\frac{D}{2} + \frac{b \cdot \varphi}{2 \cdot \pi}$ | | |

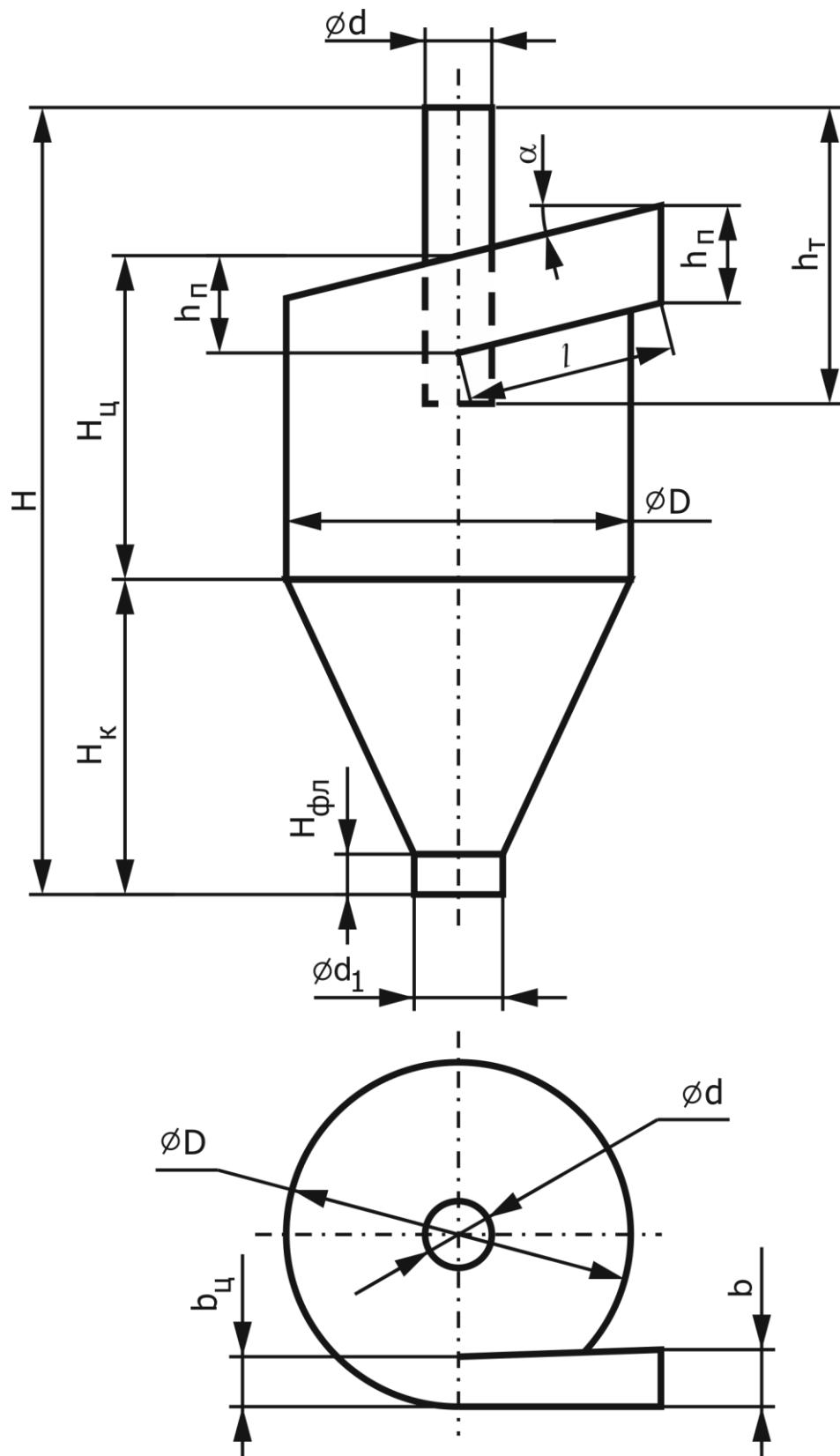


Рисунок 1.4 – Зразок побудови ескізу циліндричного циклона

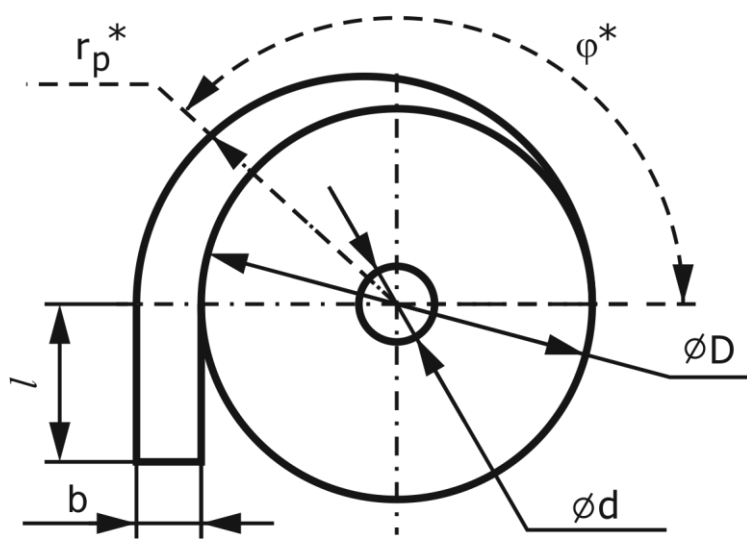
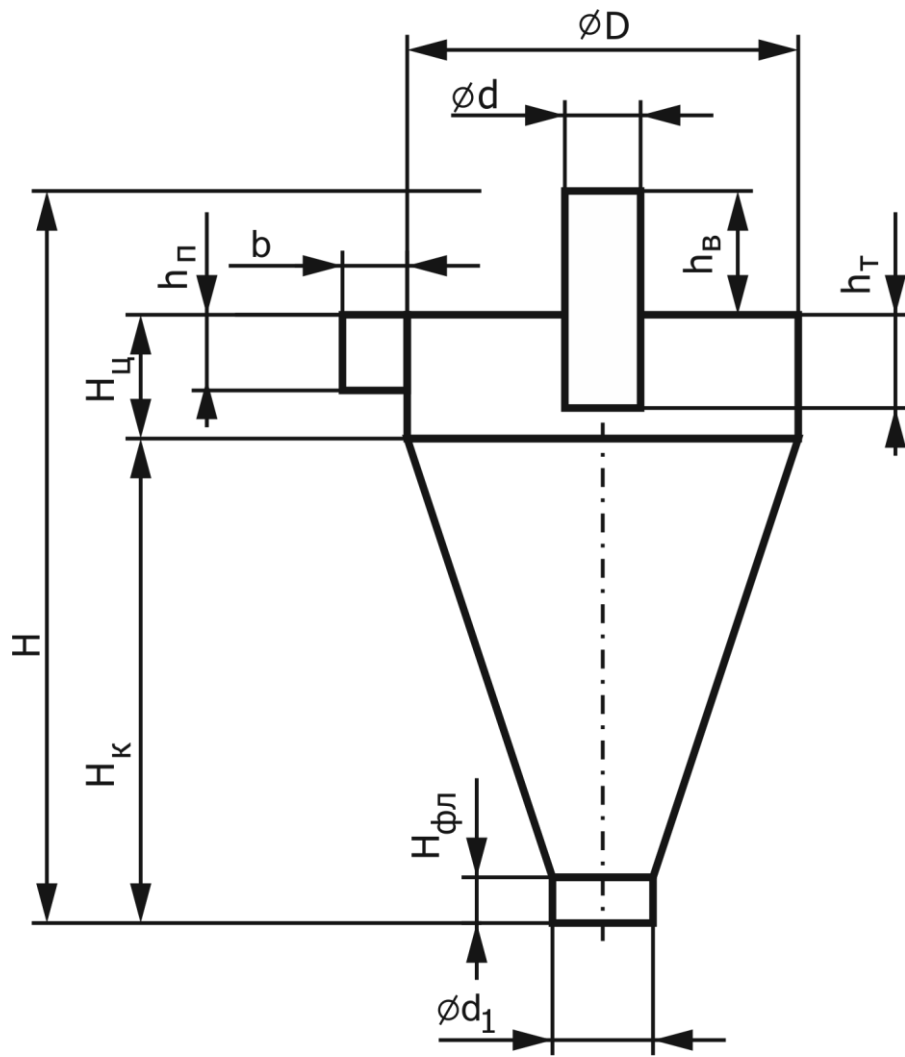


Рисунок 1.5 – Зразок побудови ескізу конічного циклона (знаком «*» позначені розміри, що використовуються при побудові равлика та на кінцевому ескізі не вказуються)

1.3 Задача № 3. Розрахунок й проектування рукавного фільтра

За заданих у таблиці 1.11 вихідних даних визначити конструктивні параметри рукавного фільтра. № варіанту обирається за списком у журналі групи.

Таблиця 1.11. Вихідні дані для задачі № 3

| № варіанту | Матеріал частинок пилу | Густина матеріалу частинки $\rho_{ч}$, кг/м ³ | Об'ємна витрата газу Q , м ³ /с | Температура газу T , °С | Концентрація пилу на вході у фільтр $C_{ВХ}$, г/м ³ |
|------------|------------------------|---|--|---------------------------|---|
| 1 | Зола | 2200 | 0,2 | 150 | 10,38 |
| 2 | Вапняк | 2650 | 0,4 | 200 | 0,85 |
| 3 | Крейда | 2200 | 0,6 | 250 | 20,38 |
| 4 | Кварц | 2650 | 0,8 | 300 | 1,85 |
| 5 | Цемент | 2900 | 1 | 350 | 16,38 |
| 6 | Вугілля | 1350 | 0,2 | 400 | 5,85 |
| 7 | Зола | 2200 | 0,4 | 450 | 12,15 |
| 8 | Вапняк | 2650 | 0,6 | 500 | 0,92 |
| 9 | Крейда | 2200 | 0,8 | 550 | 22,15 |
| 10 | Кварц | 2650 | 1 | 600 | 1,92 |
| 11 | Цемент | 2900 | 0,2 | 150 | 17,15 |
| 12 | Вугілля | 1350 | 0,4 | 200 | 5,92 |
| 13 | Зола | 2200 | 0,6 | 250 | 9,76 |
| 14 | Вапняк | 2650 | 0,8 | 300 | 0,74 |
| 15 | Крейда | 2200 | 1 | 350 | 19,76 |
| 16 | Кварц | 2650 | 0,2 | 400 | 1,74 |
| 17 | Цемент | 2900 | 0,4 | 450 | 15,76 |
| 18 | Вугілля | 1350 | 0,6 | 500 | 5,74 |
| 19 | Зола | 2200 | 0,8 | 550 | 11,43 |
| 20 | Вапняк | 2650 | 1 | 600 | 0,78 |
| 21 | Крейда | 2200 | 0,2 | 150 | 21,43 |
| 22 | Кварц | 2650 | 0,4 | 200 | 1,78 |
| 23 | Цемент | 2900 | 0,6 | 250 | 17,43 |
| 24 | Вугілля | 1350 | 0,8 | 300 | 5,78 |
| 25 | Зола | 2200 | 1 | 350 | 10,94 |
| 26 | Вапняк | 2650 | 0,2 | 400 | 0,82 |
| 27 | Крейда | 2200 | 0,4 | 450 | 20,94 |
| 28 | Кварц | 2650 | 0,6 | 500 | 1,82 |
| 29 | Цемент | 2900 | 0,8 | 550 | 16,94 |
| 30 | Вугілля | 1350 | 1 | 600 | 5,82 |

Для всіх варіантів режим роботи фільтра – неперервний. Матеріал фільтрувальних елементів-рукавів – лавсан. Медіанний

діаметр частинок пилю $d_m = 20 \cdot 10^{-6}$ м. Система регенерації рукавного фільтра шляхом лише зворотної продувки. Тривалість періоду регенерації $\tau_p = 30$ с.

Розрахункова температура повітря, що використовується для охолодження $T_{\text{пов}} = 30$ °С. Потрібна концентрація пилю на виході з фільтра $c_{\text{вих}} = 30$ мг/м³. Швидкість газової суміші на вході у фільтр $w_{\text{вх}} = 15$ м/с. Припустиме значення гідравлічного опору рукавного фільтра $\Delta P = 1500$ Па.

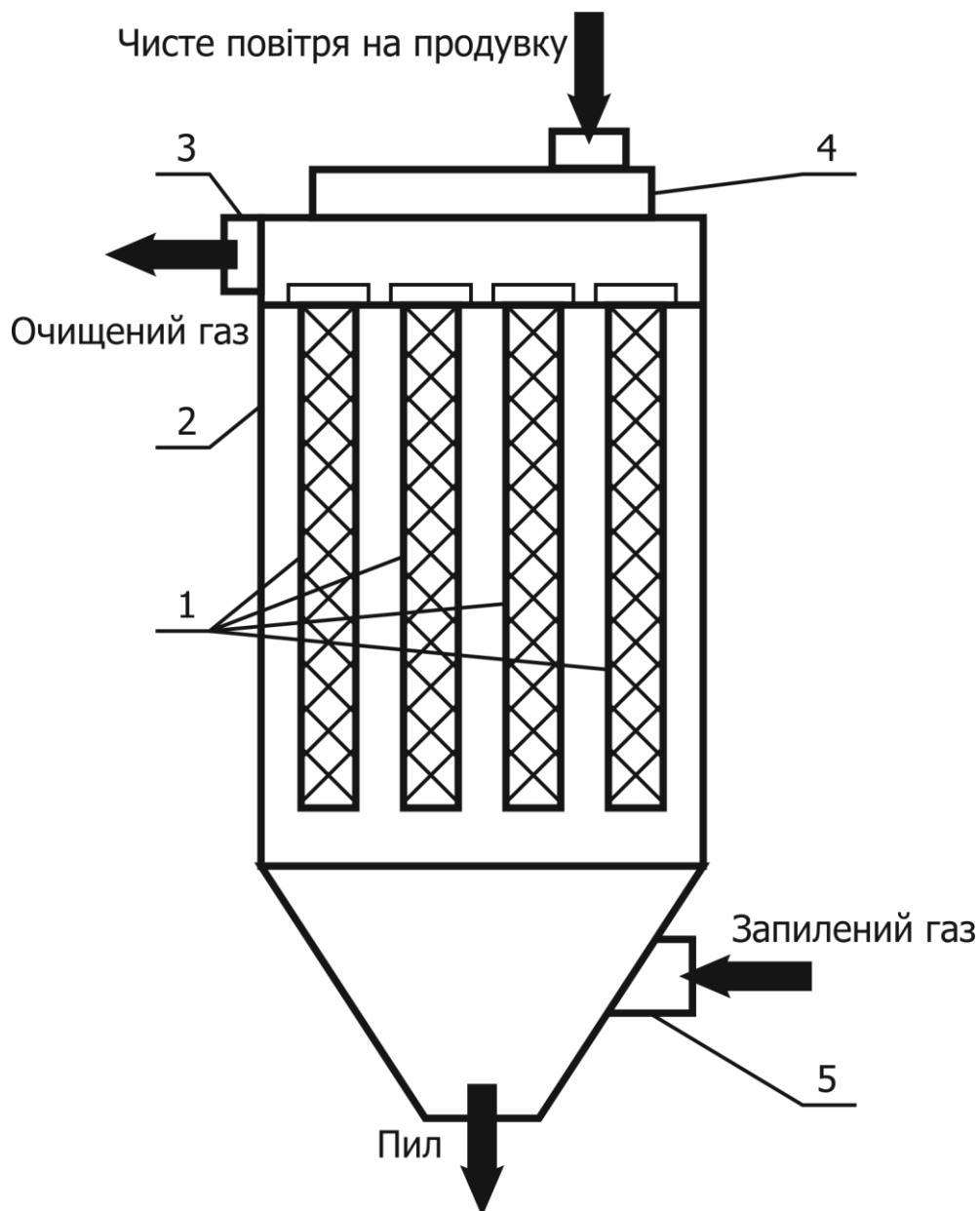


Рисунок 1.6 – Схема рукавного фільтра:
1 – фільтрувальні елементи-рукави; 2 – корпус; 3 – вихідний патрубок; 4 – регенераційний пристрій; 5 – вхідний патрубок

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Визначаємо за таблицею 1.12 за заданим матеріалом фільтрувальних елементів максимальну температуру нагріву газової суміші всередині фільтру T_{\max} , °С.

Таблиця 1.12. Основні властивості фільтрувальних тканин

| Назва показника | Тканина-матеріал | | | | |
|---|------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | Сукно | Нітрон | Лавсан | Хлорин | Склотканина |
| Товщина, мм | 1,5 | 1,6 | 1,4 | 1,32 | 0,22 |
| Повітронепроникність за $\Delta P = 49$ Па, $\text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{хв})$ | 3 | 7,5 | 4 | 7,6 | 2,7 |
| Термостійкість T_{\max} , °С: | | | | | |
| – неперервний вплив; | 65...85 | 120 | 130 | 65...70 | 240 |
| – короточасний вплив | 90...95 | 150 | 160 | 80...90 | 315 |
| Хімічна стійкість у агресивному середовищі: | | | | | |
| – кислоти | ДП | Д / З | Д | ДД | Д |
| – луги | ДП | З | З / П | ДД | З / Д |
| – розчинники | Д | Д | Д | З / Д | ДД |
| Пористість $\epsilon_{\text{ТК}}$ | 0,86 | 0,83 | 0,735 | 0,66 | 0,55 |
| Питомий гідравлічний опір $\Gamma_{\text{ТК}}$ | $8,4 \cdot 10^4$ | $1,8 \cdot 10^5$ | $1,89 \cdot 10^5$ | $8,8 \cdot 10^5$ | $2,7 \cdot 10^6$ |

Примітка. Позначки рівня хімічної стійкості у таблиці: «ДД» – дуже добре; «Д» – добре; «З» – задовільно; «П» – погано; «ДП» – дуже погано.

2. Обраховуємо об'ємну витрату повітря $Q_{\text{пов}}$, $\text{м}^3/\text{с}$, яке необхідно подати до рукавного фільтру для охолодження газу у фільтрувальному пристрої до заданої температури T_{\max} , °С, та температуру отриманої після охолодження газової суміші $T_{\text{сум}}$, °С.

Якщо виконується умова

$$T \leq T_{\max}, \quad (1.24)$$

охолодження газу перед очищенням не потрібне, тому приймаємо

$$Q_{\text{пов}} = 0; \quad (1.25)$$

$$T_{\text{сум}} = T. \quad (1.26)$$

Якщо умова (1.24) не виконується охолодження є необхідним. У цьому випадку приймаємо

$$T_{\text{сум}} = T_{\text{мах}}. \quad (1.27)$$

та використовуємо рівняння теплового балансу

$$C_{\text{сум}} \cdot (Q + Q_{\text{пов}}) \cdot T_{\text{сум}} = C_{\text{г}} \cdot Q \cdot T + C_{\text{пов}} \cdot Q_{\text{пов}} \cdot T_{\text{пов}}, \quad (1.28)$$

де T – температура газу до охолодження, °С; $T_{\text{пов}}$ – температура повітря, яке використовується для охолодження, °С; $C_{\text{г}}$ – об'ємна теплоємність газу, Дж/(м³ · К); $C_{\text{пов}}$ – об'ємна теплоємність повітря, яке використовується для охолодження, Дж/(м³ · К); $C_{\text{сум}}$ – об'ємна теплоємність отриманої після охолодження газової суміші, Дж/(м³ · К). У розрахунках можна вважати, що

$$C_{\text{г}} = C_{\text{пов}} = C_{\text{сум}}, \quad (1.29)$$

тому об'ємну витрату повітря, яке використовується для охолодження, $Q_{\text{пов}}$, м³/с, можна розрахувати за формулою:

$$Q_{\text{пов}} = Q \frac{T - T_{\text{сум}}}{T_{\text{сум}} - T_{\text{пов}}}. \quad (1.30)$$

3. Обраховуємо сумарну об'ємну витрату газової суміші, що буде подано на фільтрування після охолодження, за формулою:

$$Q_{\text{сум}} = Q + Q_{\text{пов}}. \quad (1.31)$$

4. Обраховуємо концентрацію пилу на вході до рукавного фільтру $c_{\text{ф}}$, г/м³ за формулою:

$$c_{\phi} = c_{\text{вх}} \frac{Q}{Q_{\text{сум}}} . \quad (1.31)$$

5. Обраховуємо максимальне припустиме питоме газове навантаження на рукавний фільтр q_{ϕ} , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$, за формулою:

$$q_{\phi} = q_{\text{н}} \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot C_5, \quad (1.33)$$

де $q_{\text{н}}$ – нормативне питоме газове навантаження, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$, яке змінюється в залежності від матеріалу частинок пилу у діапазоні $0,3 \dots 6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$ (див. табл. 1.13); C_1 – коефіцієнт, що враховує особливості регенерації фільтрувальних елементів (див. табл. 1.14); C_2 – коефіцієнт, що враховує вплив концентрації пилу у газовій суміші на вході у фільтр c_{ϕ} (див. табл. 1.15); C_3 – коефіцієнт, що враховує вплив дисперсного складу пилу (див. табл. 1.16); C_4 – коефіцієнт, що враховує вплив температури газової суміші $T_{\text{сум}}$, $^{\circ}\text{C}$, що очищується (див. табл. 1.17); C_5 – коефіцієнт, що враховує вимоги щодо ефективності очищення газу від пилу (див. табл. 1.18).

6. Обраховуємо швидкість фільтрації w_{ϕ} , $\text{м}/\text{с}$, за формулою:

$$w_{\phi} = \frac{q_{\text{н}}}{60}. \quad (1.34)$$

7. Обраховуємо гідравлічний опір корпусу фільтра $\Delta P_{\text{к}}$, Па за формулою:

$$\Delta P_{\text{к}} = \xi_{\text{к}} \cdot \rho \frac{w_{\text{вх}}^2}{2}, \quad (1.35)$$

де $\xi_{\text{к}}$ – коефіцієнт гідравлічного опору корпусу та вхідного патрубку, який обирається з конструктивних міркувань з діапазоні $1,5 \dots 2,0$; ρ – густина газового середовища за заданої температури газової суміші $T_{\text{сум}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$ (див. табл. 1.2); $w_{\text{вх}}$ – швидкість газової суміші на вході у фільтр, $\text{м}/\text{с}$, значення якої обирається за параметрами газового потоку у системі (див. вихідні дані).

Таблиця 1.13. Нормативне питоме газове навантаження $q_H, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})$

| № з/п | Матеріал частинок пилу | q_H | № з/п | Матеріал частинок пилу | q_H |
|-------|-----------------------------------|-------|------------------|--|-------|
| 1 | Комбікорм | 3,5 | 17 | Глинозем | 2,0 |
| 2 | Борошно | | 18 | Цемент | |
| 3 | Зерно | | 19 | Керамічні барвники | |
| 4 | Жмихова суміш | | 20 | Вугілля | |
| 5 | Пил шкіри | | 21 | Резина | |
| 6 | Тирса | | 22 | Каолін | |
| 7 | Тютюн | | 23 | Вапняк | |
| 8 | Картонний пил | | 24 | Цукор | |
| 9 | Азбест | 2,6 | 25 | Кокс | 1,7 |
| 10 | Волокнисті целюлозні матеріали | | 26 | Летюча зола | |
| 11 | Пил при вибиванні відливок з форм | | 27 | Окисли металів | |
| | | | 28 | Крохмаль | |
| 12 | Гіпс | | 29 | Пластмаси | 1,5 |
| 13 | Вапно гашене | | 30 | Активоване вугілля | |
| 14 | Пил від полірування | 31 | Миючі засоби | | |
| 15 | Сіль | 32 | Порошкове молоко | | |
| 16 | Пісок | | 33 | Сублімати кольорових та чорних металів | |

Таблиця 1.14. Залежність коефіцієнту C_1 від виду системи регенерації, що використовується у фільтрувальному пристрої

| Вид системи регенерації | C_1 |
|---|------------|
| З імпульсною продувкою стиснутим повітрям рукавів з тканих матеріалів | 1 |
| З імпульсною продувкою стиснутим повітрям рукавів з нетканих матеріалів | 1,05...1,1 |
| Зворотна продувка з одночасним струшуванням або погойдуванням рукавів | 0,7...0,85 |
| Лише зворотна продувка | 0,55...0,7 |

Таблиця 1.15. Залежність коефіцієнту C_2 від величини концентрації пилу у газовій суміші на вході у фільтр c_{ϕ}

| $c_{\phi}, \text{ г/м}^3$ | 2 | 5 | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 |
|---------------------------|------|------|----|------|-----|------|------|------|
| C_2 | 1,15 | 1,04 | 1 | 0,96 | 0,9 | 0,87 | 0,85 | 0,83 |

Таблиця 1.16. Залежність коефіцієнту C_3 від дисперсного складу пилу

| | | | | | |
|---|-----------|--------|---------|----------|------------|
| Медіанний діаметр частинок пилу d_m , мкм | менше 3 | 3...10 | 10...50 | 50...100 | більше 100 |
| C_3 | 0,7...0,9 | 0,9 | 1 | 1,1 | 1,2...1,4 |

Таблиця 1.17. Залежність коефіцієнту C_4 від температури газової суміші на вході у фільтр

| | | | | | | | | |
|----------|----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| T , °C | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 |
| C_4 | 1 | 0,9 | 0,84 | 0,78 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,7 |

Таблиця 1.18. Залежність коефіцієнту C_5 від значення потрібної концентрації пилу на виході з фільтру $c_{вих}$, мг/м³

| | | |
|-------------------------------|--------------|-----------|
| $c_{вих}$, мг/м ³ | не більше 10 | більше 10 |
| C_5 | 0,95 | 1 |

8. Обраховуємо припустимий гідравлічний опір фільтрувальної перегородки ΔP_{ϕ} , Па за формулою:

$$\Delta P_{\phi} = \Delta P - \Delta P_{к}, \quad (1.36)$$

де ΔP – припустиме значення гідравлічного опору фільтрувального пристрою, Па (див. вихідні дані).

9. Обраховуємо мінімальну тривалість періоду фільтрування між двома регенераціями τ_{ϕ} , с за формулою:

$$\tau_{\phi} = 1000 \cdot \frac{\frac{\Delta P_{\phi}}{w_{\phi} \cdot \mu} - A}{B \cdot w_{\phi} \cdot c_{\phi}}, \quad (1.37)$$

де μ – динамічний коефіцієнт в'язкості газового середовища за заданої температури газової суміші $T_{сум}$, Па·с (див. табл. 1.2); А та В – коефіцієнти, що обраховуються за формулами:

$$A = 670 \cdot 10^{-6} \frac{(1 - \varepsilon_{п})^2 \varepsilon_{тк}^3 r_{тк}^{2/3}}{d_m^{1,75} \varepsilon_{п}^3}; \quad (1.38)$$

$$B = 817 \frac{(1 - \varepsilon_{\text{п}})}{d_{\text{м}}^2 \varepsilon_{\text{п}}^3 \rho_{\text{ч}}}, \quad (1.39)$$

де $\varepsilon_{\text{п}}$ – пористість шару пилу, що накопичується на фільтрувальній поверхні, яка розраховується за формулою

$$\varepsilon_{\text{п}} = 1 - 79 \cdot d_{\text{м}}^{0,47}; \quad (1.40)$$

$\varepsilon_{\text{тк}}$ – пористість шару тканини (див. табл. 1.12); $r_{\text{тк}}$ – питомий гідравлічний опір тканини, Па за швидкості фільтрації 1 м/с, віднесений до товщини 1 м (див. табл. 1.12); $\rho_{\text{ч}}$ – густина матеріалу частинок пилу, кг/м³ (див. вихідні дані); $d_{\text{м}}$ – медіанний діаметр частинок пилу, м (див. вихідні дані).

10. Обраховуємо кількість регенерацій $n_{\text{р}}$ на годину за формулою:

$$n_{\text{р}} = \frac{3600}{\tau_{\text{ф}} + \tau_{\text{р}}}, \quad (1.41)$$

де $\tau_{\text{р}}$ – тривалість періоду регенерації, с (див. вихідні дані).

11. Обраховуємо узагальнену об'ємну витрату повітря потрібного для регенерації, $Q_{\text{р}}$, м³/с за формулою:

$$Q_{\text{р}} = \frac{Q_{\text{ф}} \cdot n_{\text{р}} \cdot \tau_{\text{р}}}{3600}, \quad (1.42)$$

виходячи з того, що швидкість регенерації $w_{\text{р}}$, м/с дорівнює за величиною $w_{\text{ф}}$

$$w_{\text{р}} = w_{\text{ф}}, \quad (1.43)$$

а отже й об'ємна витрата продувки фільтра дорівнюватиме розрахованій об'ємній витраті фільтрування $Q_{\text{ф}}$.

10. Обраховуємо потрібну площу фільтрування $F_{\text{ф}}$, м² за формулою:

$$F_{\phi} = 60 \cdot \frac{Q_{\text{сум}} + Q_p}{q_n}. \quad (1.44)$$

11. За отриманим значенням потрібної площі фільтрування F_{ϕ} обираємо за довідковими даними (див. табл. 1.19) тип рукавного фільтру, площа фільтрувальної поверхні якого є не меншою за обчислене значення F_{ϕ} .

12. Перевіряємо, чи виконується умова достатності ресурсів для регенерації

$$\tau_{\phi} \geq N_c \cdot \tau_p. \quad (1.45)$$

Якщо умова (1.43) не виконується, необхідно обрати фільтр з меншою кількістю секцій та повторити перевірку.

13. Визначаємо уточнене значення загальної площі фільтрувальної поверхні $F_{\phi 0}$, м², для обраного фільтру (див. табл. 1.19) та обраховуємо площу фільтрувальної поверхні однієї секції F_c , м², за формулою:

$$F_c = \frac{F_{\phi 0}}{N_c}. \quad (1.46)$$

14. Обраховуємо площу фільтрування, що відключається на регенерацію на протязі 1 години, F_p , м², за формулою:

$$F_p = \frac{N_c \cdot F_c \cdot n_p \cdot \tau_p}{3600}. \quad (1.47)$$

15. Обраховуємо уточнене значення узагальненої об'ємної витрати повітря на регенерацію Q_{p0} , м³/с за формулою:

$$Q_{p0} = \frac{w_p \cdot N_c \cdot F_c \cdot n_p \cdot \tau_p}{3600}. \quad (1.48)$$

Таблиця 1.19. Конструктивні параметри рукавних фільтрів

| Марка фільтра | Площа фільтрувальної поверхні $F_{\phi 0}$, m^2 | Кількість секцій N_c | Кількість рукавів у секції N_p | Діаметр рукава d_p , мм | Висота рукава H_p , м |
|---------------|--|------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| ФР-6П | 18 | 1 | 6 | 390 | 2,5 |
| ФТ-2М | 20 | 1 | 12 | 300 | 1,8 |
| ФТНС-4М | 12,4 | 1 | 4 | 386 | 2,6 |
| ФТНС-8М | 24,8 | 2 | 4 | 386 | 2,0 |
| ФТНС-12М | 37,2 | 3 | 4 | 386 | 2,6 |
| ЦА-3804 | 4140 | 3 | — | — | — |
| ФРУ | 2,5...50 | 1...4 | 14; 28; 42; 56 | 125 | 0,9; 1; 2; 2,5 |
| ФРН-20 | 20 | 2 | 32 | 130 | 1,63 |
| ФРН-30 | 30 | 2 | 48 | 130 | 1,63 |
| ФР-250 | 281 | 4 | 288 | 135 | 2,3 |
| СУЩ-101А | 50; 55; 110; 115; 205 | 2 | 36 | 200 | 2,2; 2,45; 4,9; 5,1; 9,1 |
| РФГ | 112; 168; 224; 280 | 4; 6; 8; 10 | 56; 84; 112; 140 | 220 | 3,1 |
| УРФМ | 1610; 2300 | 14; 20 | 588; 840 | 220 | 4,0 |
| Г4-1БФМ | 30; 45; 60; 90 | 2; 3; 4; 6 | 36; 54; 72; 108 | 135 | 2,09 |
| Г4-2БМФ | 60; 90 | 4; 6 | 72; 108 | 135 | 2,09 |
| ФР-518 | 518 | 6 | 72 | 127 | 3,0 |
| ФР-650 | 650 | 6 | 90 | 127 | 3,0 |
| ФР-5000 | 5000 | 8 | 504 | 127 | 3,09 |
| ФРДО-6500 | 6500 | 10 | 212 | 130 | 7,85 |
| ФРО-2400-1 | 2400 | 8 | 42 | 200 | 8 |
| ФРО-6000-2 | 6000 | 10 | 54 | 300 | 10 |
| ФРО-20300-3 | 20300 | 10 | 216 | 300 | 10 |
| РФОСП | 1,9...136 | — | 2...24 | — | 1...6 |
| РФСП-П | 370 | 4 | 22 | 300 | 4,8 |
| РФСП-1580 | 1580 | 20 | 24 | — | — |
| ФРКІ-30 | 30 | 1 | 36 | 135 | 2 |
| ФРКІ-В-30 | 30 | 1 | 36 | 135 | 2 |
| ФРКІ-60 | 60 | 2 | 36 | 135 | 2 |
| ФРКІ-В-60 | 60 | 2 | 36 | 135 | 2 |
| ФРКІ-90 | 90 | 3 | 36 | 135 | 2 |
| ФРКІ-В-90 | 90 | 3 | 36 | 135 | 2 |
| ФРКІ-180 | 180 | 4 | 36 | 135 | 3 |
| ФРКІ-360 | 360 | 8 | 36 | 135 | 3 |
| ФРКІ-550 | 550 | 6 | 36 | 135 | 6 |
| ФРКДІ | 720 | 8 | 36 | 135 | 6 |
| ФРКДІ-1100 | 1100 | 12 | 36 | 135 | 6 |

16. Обраховуємо потрібну площу фільтрування F_{ϕ_1} , м² за формулою:

$$F_{\phi_1} = 60 \cdot \frac{Q_{\text{сум}} + Q_{p0}}{q_H}. \quad (1.49)$$

17. Перевіряємо, чи виконується умова достатності ресурсів для фільтрації

$$F_{\phi_0} \geq F_{\phi_1}. \quad (1.50)$$

Якщо умова (1.50) не виконується, необхідно обрати фільтр з більшою фільтрувальною площею та повторити розрахунки за п.п. 12-17.

18. Товщину стінок камери, а також розміри допоміжних відсіків приймають з конструктивних міркувань.

1.4 Задача № 4. Розрахунок й проектування скрубера Вентурі

За заданих у таблиці 1.20 вихідних даних визначити конструктивні параметри скрубера Вентурі. № варіанту обирається за списком у журналі групи.

Таблиця 1.20. Вихідні дані для задачі № 4

| № варіанту | Вид пилу (за табл. 1.21) | Об'ємна витрата газу Q , м ³ /с | Температура газу T , °С | Концентрація пилу на вході у фільтр $C_{ВХ}$, г/м ³ | Тиск розрідження газу на вході у скрубер $P_{ВХ}$, кПа |
|------------|--------------------------|--|---------------------------|---|---|
| 1 | 1 | 0,2 | 150 | 10,38 | 250 |
| 2 | 2 | 0,4 | 200 | 0,85 | 260 |
| 3 | 3 | 0,6 | 250 | 20,38 | 270 |
| 4 | 4 | 0,8 | 300 | 1,85 | 280 |
| 5 | 5 | 1 | 350 | 16,38 | 290 |
| 6 | 6 | 0,2 | 400 | 5,85 | 300 |
| 7 | 7 | 0,4 | 450 | 12,15 | 310 |
| 8 | 8 | 0,6 | 500 | 0,92 | 320 |
| 9 | 9 | 0,8 | 550 | 22,15 | 330 |
| 10 | 10 | 1 | 600 | 1,92 | 340 |
| 11 | 11 | 0,2 | 150 | 17,15 | 350 |
| 12 | 12 | 0,4 | 200 | 5,92 | 360 |
| 13 | 13 | 0,6 | 250 | 9,76 | 370 |
| 14 | 1 | 0,8 | 300 | 0,74 | 380 |
| 15 | 2 | 1 | 350 | 19,76 | 390 |
| 16 | 3 | 0,2 | 400 | 1,74 | 250 |
| 17 | 4 | 0,4 | 450 | 15,76 | 260 |
| 18 | 5 | 0,6 | 500 | 5,74 | 270 |
| 19 | 6 | 0,8 | 550 | 11,43 | 280 |
| 20 | 7 | 1 | 600 | 0,78 | 290 |
| 21 | 8 | 0,2 | 150 | 21,43 | 300 |
| 22 | 9 | 0,4 | 200 | 1,78 | 310 |
| 23 | 10 | 0,6 | 250 | 17,43 | 320 |
| 24 | 11 | 0,8 | 300 | 5,78 | 330 |
| 25 | 12 | 1 | 350 | 10,94 | 340 |
| 26 | 13 | 0,2 | 400 | 0,82 | 350 |
| 27 | 1 | 0,4 | 450 | 20,94 | 360 |
| 28 | 2 | 0,6 | 500 | 1,82 | 370 |
| 29 | 3 | 0,8 | 550 | 16,94 | 380 |
| 30 | 4 | 1 | 600 | 5,82 | 390 |

Таблиця 1.21. Характеристики деяких видів пилу

| № з/п | Вид пилу | B | X |
|-------|--|-----------------------|--------|
| 1 | Конверторний пил | $9,88 \cdot 10^{-2}$ | 0,4663 |
| 2 | Тальк | 0,206 | 0,3506 |
| 3 | Ваграночний пил | $1,355 \cdot 10^{-2}$ | 0,6210 |
| 4 | Мартенівський пил | $1,915 \cdot 10^{-2}$ | 0,5688 |
| 5 | Доменний пил | $6,61 \cdot 10^{-3}$ | 0,891 |
| 6 | Пил вапнякових печей | $6,5 \cdot 10^{-4}$ | 1,0529 |
| 7 | Пил печей, що виплавляють латунь | $2,34 \cdot 10^{-2}$ | 0,5371 |
| 8 | Пил мартенівських печей, які працюють на дутті, збагаченому киснем | $1,565 \cdot 10^{-6}$ | 1,619 |
| 9 | Пил мартенівських печей, які працюють на повітряному дутті | $1,74 \cdot 10^{-6}$ | 1,594 |
| 10 | Пил з доменних печей | 0,1925 | 0,3255 |
| 11 | Пил, який утворюється при виплавлюванні 45-відсоткового ферросіліція у закритих електропечах | $2,42 \cdot 10^{-5}$ | 1,26 |
| 12 | Пил, який утворюється при виплавлюванні сілікомарганця у закритих електропечах | $6,9 \cdot 10^{-3}$ | 0,67 |
| 13 | Пиль каолінового виробництва | $2,34 \cdot 10^{-4}$ | 1,115 |

Потрібна концентрація пилу на виході з фільтру $c_{\text{вих}} = 30 \text{ мг/м}^3$.
 Густина газу за нормальних умов $\rho_0 = 1,3 \text{ кг/м}^3$. Швидкість газу в циклоні-каплевловуювачі $w_{\text{ц}} = 3,5 \text{ м/с}$.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Обраховуємо потрібну ефективність роботи скрубера Вентурі η за формулою:

$$\eta = \frac{c_{\text{вх}} - c_{\text{вих}}}{c_{\text{вх}}}, \quad (1.51)$$

де $c_{\text{вх}}$ та $c_{\text{вих}}$ – концентрація пилу на вході та на виході зі скрубера Вентурі, г/м^3 .

2. Обраховуємо число одиниць переносу N_{γ} за формулою:

$$N_{\gamma} = \ln \frac{1}{1 - \eta}. \quad (1.52)$$

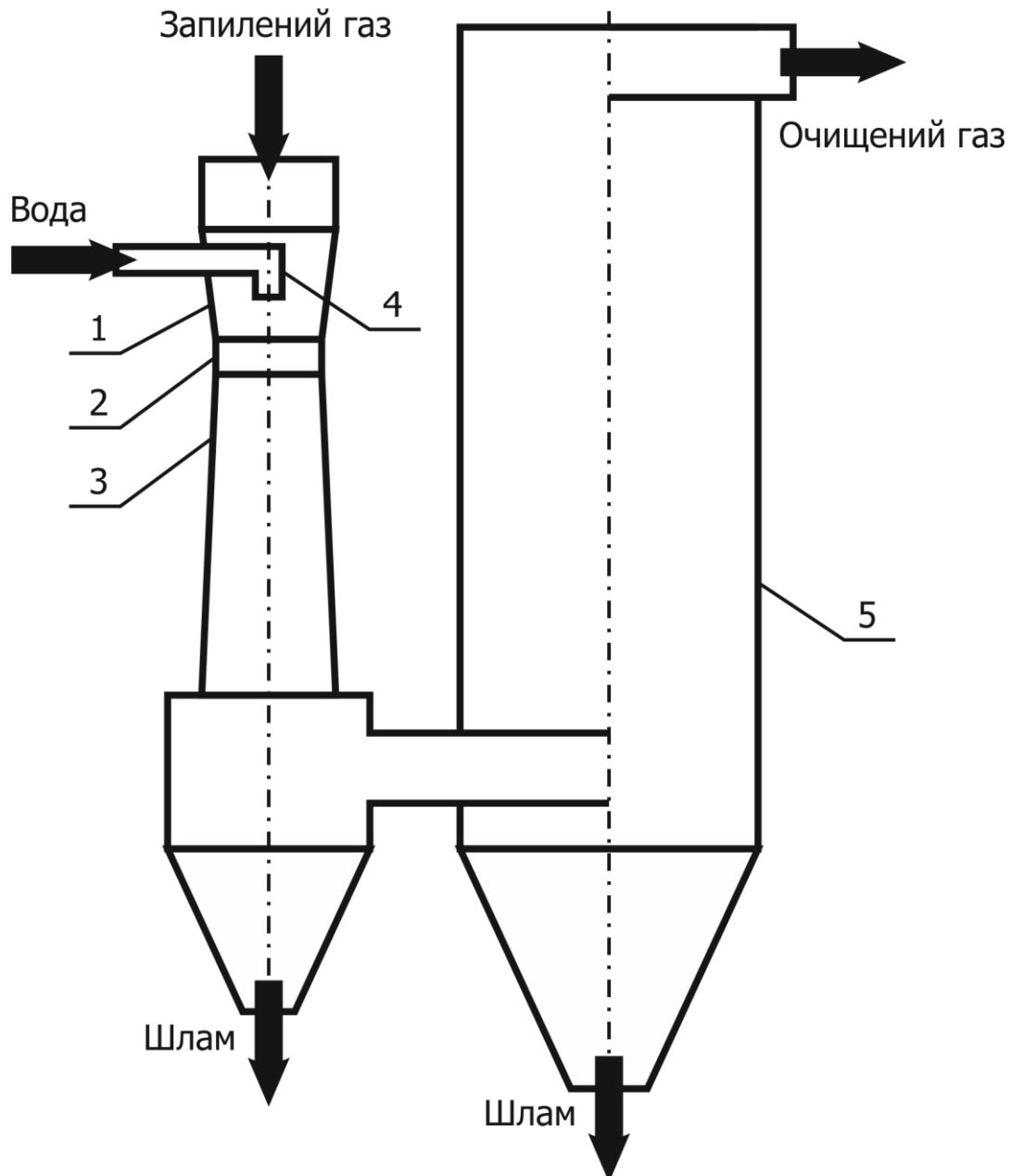


Рисунок 1.7 – Схема скрубера Вентурі:
 1 – конфузор; 2 – горловина; 3 – дифузор; 4 – зрошувальний пристрій; 5 – циклон-каплевловлювач

3. За співвідношенням для числа одиниць переносу:

$$N_{\gamma} = B \cdot K_T^X, \quad (1.53)$$

де B та X – константи, які залежать від фізико-хімічних властивостей та дисперсного складу пилу, який вловлюється (див. табл. 1.21), обраховуємо величину питомої витрати енергії на пиловловлення K_T , кДж/м³ за формулою

$$K_T = X \sqrt{\frac{N_Y}{B}}. \quad (1.54)$$

4. Обрахуємо загальний гідравлічний опір скрубера Вентурі ΔP , Па за формулою:

$$\Delta P = K_T - P_B \cdot m \cdot 1000, \quad (1.55)$$

де P_B – тиск води у зрошувальному пристрої скрубера Вентурі, кПа (див. вихідні дані); m – питома витрата води на зрошення газу, значення якої обирають з технологічних міркувань з діапазону значень 0,0005...0,0012 м³/м³.

5. Обрахуємо густину газу на вході у скрубер Вентурі за робочих умов ρ_1 , кг/м³ за формулою:

$$\rho_1 = \rho_0 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 + P_1)}{(273 + T) \cdot 101,3}, \quad (1.56)$$

де P_1 – створюваний тиск газу на вході у скрубер Вентурі, який приймається зі знаком «+» у випадку створення стискання, або зі знаком «-» у випадку створення розрідження на вході у скрубер (наприклад, в умовах, заданих за вихідними даними, на вході у скрубер створено розрідження, тому приймаємо $P_1 = -P_{вх}$); ρ_0 – густина газу за нормальних умов, кг/м³ (див. вихідні дані); T – температура газу на вході у скрубер Вентурі, °С (див. вихідні дані).

6. Обрахуємо об'ємну витрату газу на вході у скрубер Вентурі за робочих умов Q_1 , м³/с за формулою:

$$Q_1 = Q \cdot \frac{\rho_0}{\rho_1}, \quad (1.57)$$

де Q – об'ємна витрата газу на вході у скрубер Вентурі за нормальних умов, м³/с (див. вихідні дані).

7. Обрахуємо об'ємну витрату води у зрошувальному пристрої скрубера Вентурі Q_B , м³/с за формулою:

$$Q_B = Q_1 \cdot m, \quad (1.58)$$

або у л/с

$$Q_B = Q_1 \cdot m \cdot 1000. \quad (1.59)$$

8. Обраховуємо температуру газу на виході зі скрубера Вентурі T_2 , °С за формулою:

$$T_2 = (0,133 - 41 \cdot m) \cdot T + 35. \quad (1.60)$$

9. Обраховуємо густину газу на виході зі скрубера Вентурі за робочих умов ρ_2 , кг/м³ за формулою:

$$\rho_2 = \rho_0 \cdot \frac{273 \cdot (101,3 + P_1 - \Delta P)}{(273 + T_2) \cdot 101,3}. \quad (1.61)$$

10. Обраховуємо об'ємну витрату газу на виході зі скрубера Вентурі за робочих умов Q_2 , м³/с за формулою:

$$Q_2 = Q \cdot \frac{\rho_0}{\rho_2}. \quad (1.62)$$

11. Обраховуємо діаметр циклона-каплевловлювача D , м за формулою:

$$D = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q_2}{w_{\text{ц}}}}, \quad (1.63)$$

де $w_{\text{ц}}$ – швидкість газу в циклоні-каплевловлювачі, м/с (див. вихідні дані).

Отримане значення діаметру D з конструктивних міркувань необхідно округлити до найближчого більшого значення з наступного ряду типових чисел:

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;
2,4; 3,0.

12. Обраховуємо висоту циклона-каплевловлювача H , м за формулою:

$$H = K_{\text{ц}} \cdot D, \quad (1.64)$$

де $K_{\text{ц}}$ – коефіцієнт, який залежить від швидкості газу (див. табл. 1.22).

Таблиця 1.22. Залежність коефіцієнта $K_{\text{ц}}$ від швидкості газу в циклоні-каплевловлювачі

| | | | | |
|-----------------------------|---------|---------|---------|-------|
| $w_{\text{ц}}, \text{ м/с}$ | 2,5...3 | 3...3,5 | 3,5...4 | 4...5 |
| $K_{\text{ц}}$ | 2,5 | 2,8 | 3,8 | 4,5 |

Отримане значення висоти H з конструктивних міркувань необхідно округлити до першого знаку після коми.

13. Обраховуємо гідравлічний опір циклона-каплевловлювача $\Delta P_{\text{ц}}$, Па за формулою:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \xi_{\text{ц}} \cdot \rho_2 \frac{w_{\text{ц}}^2}{2}, \quad (1.65)$$

де $\xi_{\text{ц}}$ – коефіцієнт гідравлічного опору, який для прямооточного циклону обирається з конструктивних міркувань в діапазоні 30...33.

14. Обраховуємо гідравлічний опір труби Вентурі $\Delta P_{\text{Т}}$, Па за формулою:

$$\Delta P_{\text{Т}} = \Delta P - \Delta P_{\text{ц}}. \quad (1.66)$$

15. Обраховуємо швидкість газу у горловині труби Вентурі $w_{\text{горл}}$, м/с за формулою:

$$w_{\text{горл}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P_{\text{Т}}}{\xi_{\text{сух.т.}} \cdot \rho_2 + \xi_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot m}}, \quad (1.66)$$

де $\xi_{\text{сух.т.}}$ – коефіцієнт опору сухої труби Вентурі, $\xi_{\text{сух.т.}} = 0,15$; $\xi_{\text{в}}$ – коефіцієнт опору труби Вентурі за умови введення до неї води, який розраховується за формулою:

$$\xi_B = 0,63 \cdot \xi_{\text{сух.т.}} \cdot \left(\frac{Q_B}{Q_2} \right)^{-0,3}; \quad (1.67)$$

де ρ_B – густина води, $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$.

16. Розміри елементів труби Вентурі визначають у стандартизованих співвідношеннях до діаметру горловини d_2 .

Результати обрахунків округлюють до цілих міліметрів.

Обраховуємо розміри труби Вентурі за наступними формулами:

– діаметр горловини d_2 , м:

$$d_2 = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q_2}{w_{\text{горл}}}}; \quad (1.68)$$

– діаметр конфузора d_1 , м:

$$d_1 = (1,6 \dots 2,0) \cdot d_2; \quad (1.69)$$

– діаметр дифузора d_3 , м:

$$d_3 = (1,6 \dots 2,0) \cdot d_2; \quad (1.70)$$

– довжина горловини l_2 , м:

$$l_2 = 0,15 \cdot d_2; \quad (1.71)$$

– кут звуження конфузора α_1 :

$$\alpha_1 = 15^\circ; \quad (1.72)$$

– довжина конфузора l_1 , м:

$$l_1 = \frac{d_1 - d_2}{2 \cdot \text{tg} \frac{\alpha_1}{2}}; \quad (1.73)$$

– кут розширення дифузора α_2 :

$$\alpha_2 = 6^\circ; \quad (1.74)$$

– довжина конфузора l_3 , м:

$$l_3 = \frac{d_3 - d_2}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}}. \quad (1.75)$$

9. Товщину стінок скрубера Вентурі, а також розміри допоміжних відсіків приймають з конструктивних міркувань.

10. За визначеними розмірами будуємо у масштабі ескіз скрубера Вентурі за зразком на рисунку 1.8. Стінки скрубера показати схематично. Розміри позначити у міліметрах.

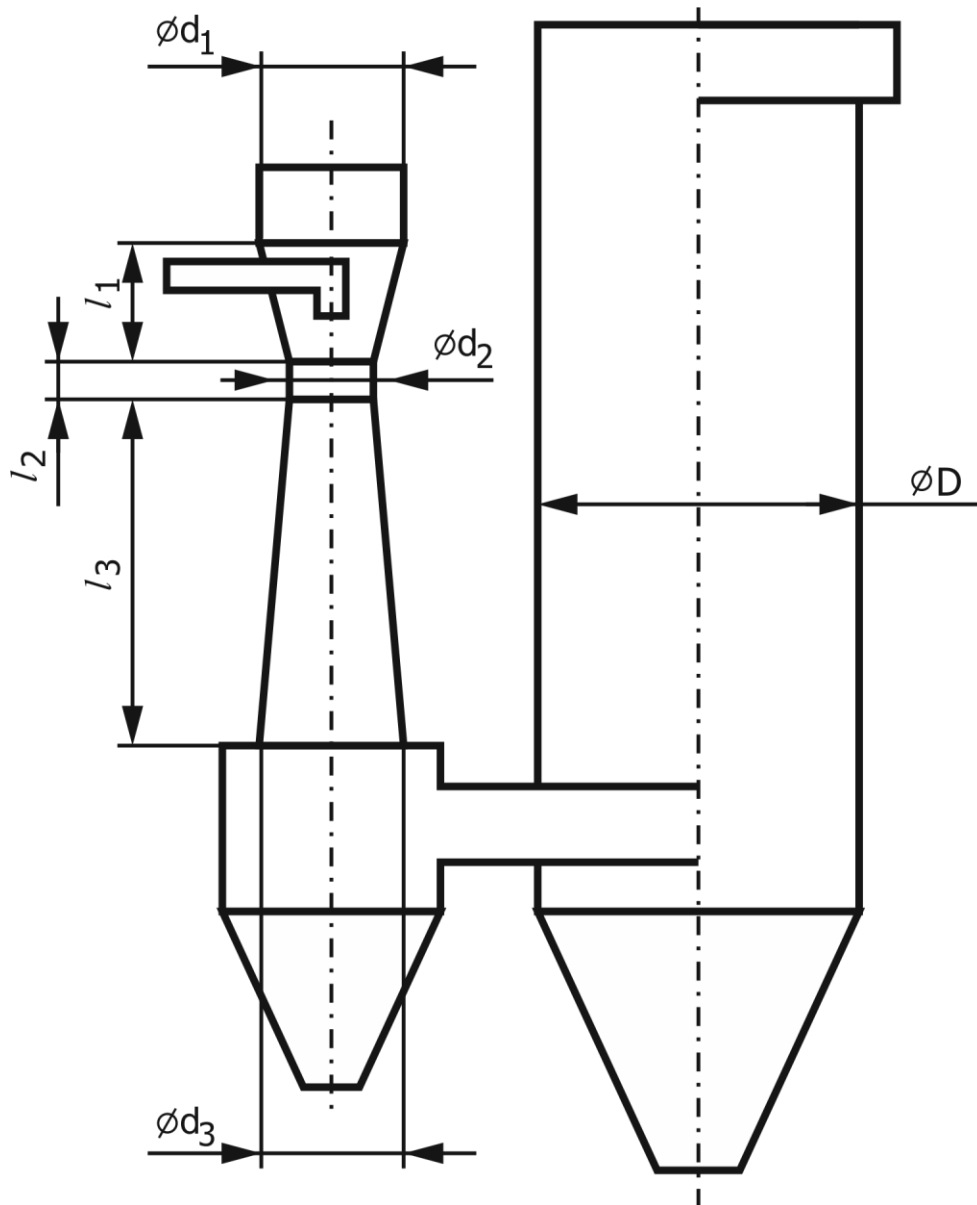


Рисунок 1.8 – Зразок побудови ескізу скрубера Вентурі

1.5 Задача № 5. Розрахунок й проектування насадкового абсорбера

За заданих у таблиці 1.23 вихідних даних визначити конструктивні параметри насадкового абсорбера. № варіанту обирається за списком у журналі групи.

Таблиця 1.23. Вихідні дані для задачі № 5

| № варіанту | Вид насадки (за табл. 1.24) | Об'ємна витрата газу Q , м ³ /с | Вміст сорбтиву на вході у абсорбер C_H , доля об'єму |
|------------|-----------------------------|--|--|
| 1 | 1 | 0,1 | 0,05 |
| 2 | 2 | 0,2 | 0,05 |
| 3 | 3 | 0,3 | 0,05 |
| 4 | 4 | 0,4 | 0,05 |
| 5 | 5 | 0,5 | 0,05 |
| 6 | 1 | 0,1 | 0,06 |
| 7 | 2 | 0,2 | 0,06 |
| 8 | 3 | 0,3 | 0,06 |
| 9 | 4 | 0,4 | 0,06 |
| 10 | 5 | 0,5 | 0,06 |
| 11 | 1 | 0,1 | 0,07 |
| 12 | 2 | 0,2 | 0,07 |
| 13 | 3 | 0,3 | 0,07 |
| 14 | 4 | 0,4 | 0,07 |
| 15 | 5 | 0,5 | 0,07 |
| 16 | 1 | 0,1 | 0,08 |
| 17 | 2 | 0,2 | 0,08 |
| 18 | 3 | 0,3 | 0,08 |
| 19 | 4 | 0,4 | 0,08 |
| 20 | 5 | 0,5 | 0,08 |
| 21 | 1 | 0,1 | 0,09 |
| 22 | 2 | 0,2 | 0,09 |
| 23 | 3 | 0,3 | 0,09 |
| 24 | 4 | 0,4 | 0,09 |
| 25 | 5 | 0,5 | 0,09 |
| 26 | 1 | 0,1 | 0,10 |
| 27 | 2 | 0,2 | 0,10 |
| 28 | 3 | 0,3 | 0,10 |
| 29 | 4 | 0,4 | 0,10 |
| 30 | 5 | 0,5 | 0,10 |

Таблиця 1.24. Характеристики деяких видів насадок

| № з/п | Вид насадки | Питома поверхня $f_0, \text{м}^2/\text{м}^3$ | Вільний об'єм $V_{\text{вільн.}}, \text{м}^3/\text{м}^3$ | Питома маса $m_0, \text{кг}/\text{м}^3$ | Середній коефіцієнт опору $\xi_{\text{сер}}$ | Еквівалентний діаметр $d_{\text{екв}}, \text{мм}$ |
|---|-------------------------|--|--|---|--|---|
| Кільця керамічні, укладені правильно | | | | | | |
| 1 | Розміром 50x50x5 мм | 110 | 0,73 | 650 | 10...12 | 27 |
| 2 | Розміром 100x100x100 мм | 60 | 0,72 | 650 | 1 | 48 |
| Кільця керамічні, укладені невпорядковано | | | | | | |
| 3 | Розміром 25x25x3 мм | 260 | 0,75 | 530 | 500...600 | 15 |
| 4 | Розміром 50x50x5 мм | 90 | 0,78 | 530 | 130...140 | 35 |
| Кварц | | | | | | |
| 5 | Розміром 75 мм | 42 | 0,46 | 1380 | 80 | 44 |
| 6 | Розміром 25 мм | 120 | 0,32 | 1600 | — | 10,5 |

Для всіх варіантів температура газу $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Швидкість газу в насадковому абсорбері, віднесена до повного перетину апарата, $w_0 = 1,5 \text{ м/с}$.

Вид сорбтиву – ацетон, молярна маса ацетону $M_c = 58 \text{ кг/кмоль}$. Потрібна ступінь поглинання сорбтиву у абсорбері $s_{\text{погл}} = 0,98$.

Вид абсорбенту – вода, молярна маса води $M_a = 18 \text{ кг/кмоль}$. Масова витрата абсорбенту $L_a = 1 \text{ кг/с}$. Початкова концентрація сорбтиву у абсорбенті, який подається до верху абсорбера $X_B = 0$.

Коефіцієнт масопередачі $\beta = 0,4 \text{ кмоль} / \left(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}} \right)$.

Рівняння лінії рівноваги має вигляд:

$$Y^* = 1,68 \cdot X. \quad (1.76)$$

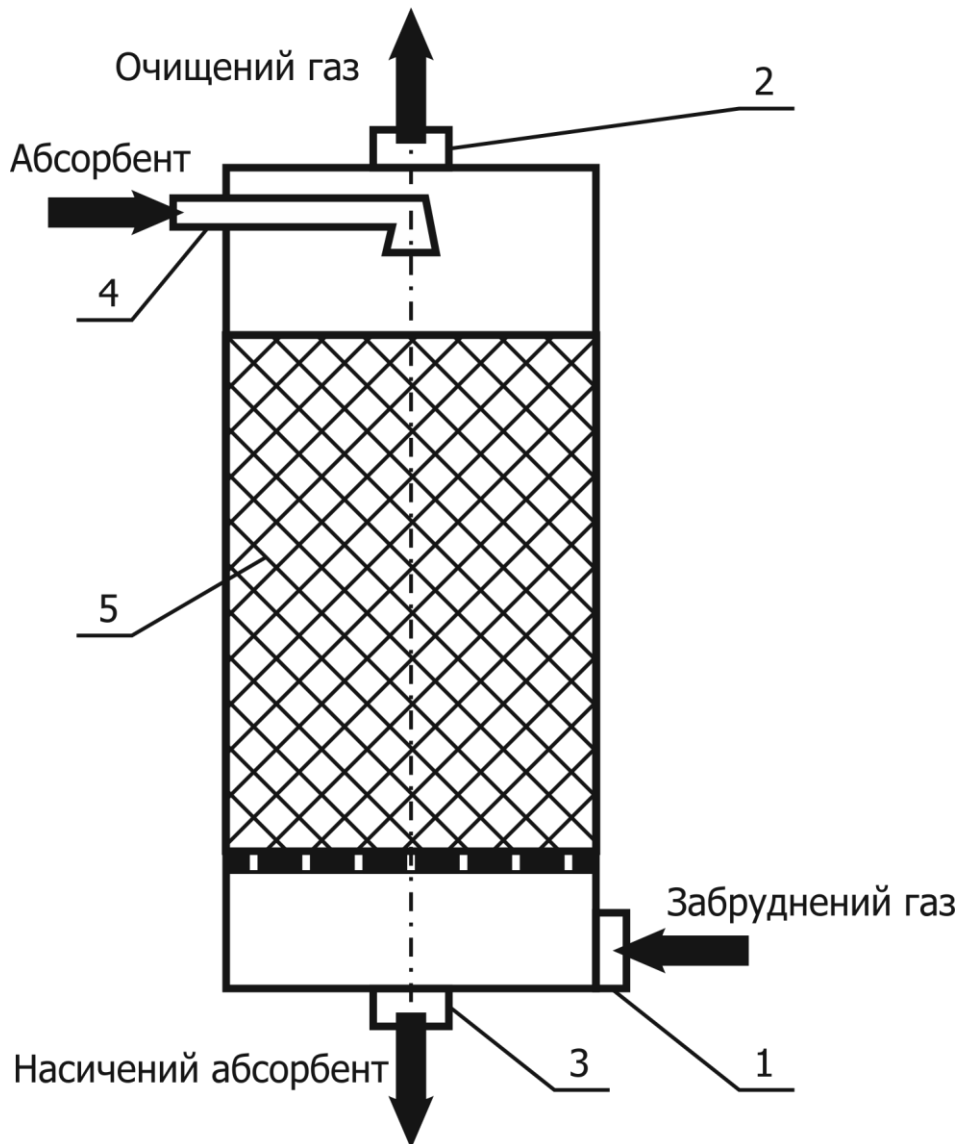


Рисунок 1.9 – Схема насадкового абсорбера:
 1 – вхідний патрубок; 2 – вихідний патрубок; 3 – труба для зливу насиченого абсорбента; 4 – зрошувальний пристрій; 5 – насадка

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Обраховуємо діаметр абсорбера D , м за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot w_0}}, \quad (1.77)$$

де Q – об'ємна витрата газу, $\text{м}^3/\text{с}$ (див. вихідні дані); w_0 – швидкість газу в абсорбері, віднесена до повного перетину апарата, $\text{м}/\text{с}$ (див. вихідні дані).

Отримане значення діаметру D з конструктивних міркувань необхідно округлити до найближчого значення з наступного ряду типових чисел:

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;
2,4; 3,0.

2. Обраховуємо кількість поглиненого сорбтиву v , кмоль/с за формулою:

$$v = \frac{Q \cdot c_H \cdot c_{\text{погл}}}{(1 - c_H) \cdot 22,4}, \quad (1.78)$$

де Q – об'ємна витрата газу, м³/с (див. вихідні дані); c_H – вміст сорбтиву в газовому середовищі на вході в абсорбер, доля об'єму (див. вихідні дані); $c_{\text{погл}}$ – ступінь поглинання сорбтиву у абсорбері, доля об'єму (див. вихідні дані).

3. Обраховуємо початкову концентрацію сорбтиву у газовому середовищі на вході в низу абсорбера Y_H , кмоль/кмоль за формулою:

$$Y_H = \frac{c_H}{1 - c_H}. \quad (1.79)$$

4. Обраховуємо кінцеву концентрацію сорбтиву у газовому середовищі на виході на верху абсорбера Y_B , кмоль/кмоль за формулою:

$$Y_B = \frac{c_H \cdot (1 - c_{\text{погл}})}{1 - c_H}. \quad (1.80)$$

5. Обраховуємо кінцеву концентрацію сорбтиву у абсорбенті на виході в низу абсорбера X_H , кмоль/кмоль за формулою:

$$X_H = \frac{v \cdot M_a}{L_a}, \quad (1.81)$$

де M_a – молярна маса абсорбенту, г/моль (див. вихідні дані); L_a – масова витрата абсорбенту, кг/с (див. вихідні дані).

6. Обраховуємо рушійну силу абсорбції в низу абсорбера ΔY_H , кмоль/кмоль за формулою:

$$\Delta Y_H = Y_H - Y_H^*, \quad (1.82)$$

де Y_H^* – рівноважна концентрація, кмоль/кмоль, обрахована згідно (1.76) за формулою:

$$Y_H^* = 1,68 \cdot X_H. \quad (1.83)$$

6. Обраховуємо рушійну силу абсорбції на верху абсорбера ΔY_B , кмоль/кмоль за формулою:

$$\Delta Y_B = Y_B - Y_B^*, \quad (1.84)$$

де Y_B^* – рівноважна концентрація, кмоль/кмоль, обрахована згідно (1.76) за формулою:

$$Y_B^* = 1,68 \cdot X_B. \quad (1.85)$$

7. Обраховуємо середню рушійну силу абсорбції $\Delta Y_{\text{сер}}$, кмоль/кмоль за формулою:

$$\Delta Y_{\text{сер}} = \frac{\Delta Y_H - \Delta Y_B}{2,31 \cdot \lg \left(\frac{\Delta Y_H}{\Delta Y_B} \right)}. \quad (1.86)$$

8. Обраховуємо потрібну поверхню насадки абсорбера F_H , м² за формулою:

$$F_H = \frac{v}{\beta \cdot \Delta Y_{\text{сер}}} \cdot 3600, \quad (1.87)$$

де β – поверхневий коефіцієнт масопередачі, кмоль / $\left(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \frac{\text{кмоль}}{\text{кмоль}} \right)$,
(див. вихідні дані).

9. За табл. 1.24 визначаємо характеристики обраного у завданні виду насадки. Обраховуємо потрібний об'єм насадки абсорбера V_H , м³ за формулою:

$$V_H = \frac{F_H}{f_0}, \quad (1.88)$$

де f_0 – питома поверхня насадки обраного виду, м²/м³ (див. табл. 1.24).

10. Обраховуємо робочу висоту насадки абсорбера H , м за формулою:

$$H = \frac{4 \cdot V_H}{\pi \cdot D^2}. \quad (1.89)$$

11. Товщину стінок насадкового абсорбера, а також розміри допоміжних відсіків приймають з конструктивних міркувань.

10. За визначеними розмірами будуємо у масштабі ескіз насадкового абсорбера за зразком на рисунку 1.10. Стінки абсорбера показати схематично. Розміри позначити у міліметрах.

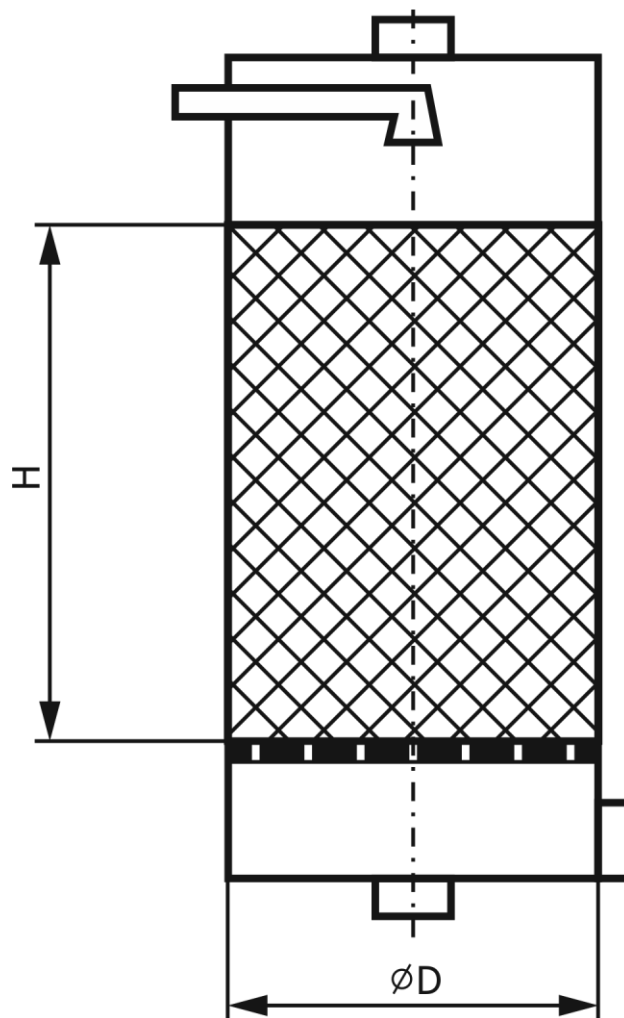


Рисунок 1.10 – Зразок побудови ескізу насадкового абсорбера

Зміст

| | |
|--|----|
| 1. РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА №1. ПРОЕКТУВАННЯ Й КОНСТРУЮВАННЯ СИСТЕМ ОЧИЩЕННЯ ВИКИДНИХ ГАЗІВ..... | 3 |
| 1.1 Задача № 1. Розрахунок й проектування пилоосаджувальної камери з горизонтальними полками..... | 3 |
| 1.2 Задача № 2. Розрахунок й проектування циклону..... | 9 |
| 1.3 Задача № 3. Розрахунок й проектування рукавного фільтра..... | 18 |
| 1.4 Задача № 4. Розрахунок й проектування скрубера Вентурі..... | 29 |
| 1.5 Задача № 5. Розрахунок й проектування насадкового абсорбера..... | 38 |

Навчальне видання

Укладачі: **Вамболь** Сергій Олександрович
Колосков Володимир Юрійович

**ПРОЕКТУВАННЯ Й КОНСТРУЮВАННЯ СИСТЕМ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

Методичні вказівки до виконання
контрольних (модульних) робіт

Відповідальний за випуск В.Ю.Колосков

Підп. до друку __.__.20__ р. Формат 60x84 1/16
Папір 80 г/см². Друк ризограф. Умовн.-друк. арк. __
Тираж прим. Вид № 93/13 Зам №

**Відділення редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023, Харків, вул. Чернишевська, 94**