

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**Державний біотехнологічний
університет**

Методичні вказівки

до виконання лабораторно–практичного заняття:

**РОЗРАХУНКИ ПРОДУКТИВНОСТІ МІСЦЕВИХ
ВІДСМОКТУВАЧІВ**
з дисципліни «Організація технологічних процесів
елеваторної промисловості»

Для студентів стаціонару та заочної форми навчання

Затверджено
на засіданні кафедри обладнання
та інжинірингу переробних і
харчових виробництв
Протокол №18 від 30.08.2023р.

Затверджено
на засіданні методичної ради
факультету мехатроніки та
інжинірингу
Протокол №2 від 18.09.2023р.

Харків – 2023

Укладачі:

І.М. Лук'янов, О.В. Богомолов, П.В. Гурський,
Л.В. Кісь-Коркіщенко

Розрахунки продуктивності місцевих відсмоктувачів:
Методичні рекомендації та завдання щодо виконання
лабораторно-практичної роботи студентам денної та
заочної форми навчання. – Х.: ДБТУ, 2023. – 32 с.

Рецензенти:

Пак А.О., доктор технічних наук, доцент завідувач
кафедри фізики та математики

Артьомов М.П., доктор технічних наук, професор
(зав.кафедри оптимізації технологічних систем в
рослинництві)

Методичні вказівки призначені для набуття практичних
навичок при виконанні лабораторно-практичної роботи
навчальної дисципліни «Організація технологічних
процесів елеваторної промисловості».

У методичних вказівках пропонується короткий огляд
основних характеристик елеваторного обладнання та
організації технологічних процесів при його експлуатації.

Призначені для студентів вищих навчальних закладів

© І.М. Лук'янов, О.В. Богомолов, П.В. Гурський,
Л.В. Кісь-Коркіщенко, **2023**

© Державний біотехнологічний університет, 2023

ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

«РОЗРАХУНКИ ПРОДУКТИВНОСТІ МІСЦЕВИХ ВІДСМОКТУВАЧІВ»

В основу розрахунків необхідного обсягу повітря, що видаляється з укриття, покладене рівняння повітряного балансу:

$$Q_a = Q_n + Q_{\text{ж}} \quad (1)$$

Витрата повітря, що надходить в укриття через нещільність (Q_n ; м³/с), залежить від площі нещільностей (F_n , м²) і оптимальної величини розрідження в укритті (P_y , Па):

$$Q_n = 0,65 \cdot F_n \cdot \sqrt{\frac{2P_y}{\rho_o}} \quad (2)$$

де ρ_o – щільність навколишнього повітря (при $t_0 = 20$ °С; $\rho_o = 1,213$ кг/м³).

Для вкриття місця завантаження конвеєра нещільності зосереджені в зоні контакту зовнішніх стінок зі стрічкою, що рухається, конвеєра (див. мал. 1):

$$F_n = \Pi \cdot \sigma_{\text{щ}} = 2 \cdot (L_0 + b) \cdot \sigma_{\text{щ}} \quad (3)$$

де: Π – периметр укриття в плані, м; L_0 – довжина вкриття, м; b – ширина вкриття, м; $\sigma_{\text{щ}}$ – висота умовної щілини в зоні контакту, м.

Таблиця 1. Величина розрідження в укритті (P_y) і ширина щілини ($\sigma_{щ}$)

Вид матеріалу, що транспортується	Медіанний діаметр d_m , мм	Укриття типу «0»		Укриття типу «Д»	
		P_y , Па	$\sigma_{щ}$, м	P_y , Па	$\sigma_{щ}$, м
Кусковий	$d_m \geq 3$	11	0,03	7	0,03
Зернистий	$0,2 \leq d_m < 3$	9	0,015	6	0,015
Порошкоподібний	$d_m < 0,2$	–	–	5	0,015

Витрата повітря, що надходить в укриття по жолобу, m^3/c :

$$Q_j = \varphi \cdot v_k \cdot S_j \cdot (1 - \beta)^2 \quad (4)$$

де S – площа поперечного переріза жолобу, m^2 ; v_k – швидкість потоку, що перевантажується матеріалу при виході з ринви (кінцева швидкість падіння часток), визначається послідовно розрахунками:

а) швидкості на початку жолоба, m/c (наприкінці першої ділянки, див. рис. 1)

$$v_n = v_{k1} = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_1}, \quad G=9,81 \text{ м/с}^2 \quad (5)$$

б) швидкості наприкінці другої ділянки, м/с

$$v_{k2} = \sqrt{v_{k1}^2 + 2 \cdot g \cdot h_1} \quad (6)$$

в) швидкості наприкінці третьої ділянки, м/с

$$v_k = v_{k3} = \sqrt{(v_{k2} \cdot \sin \alpha_3)^2 + 2 \cdot g \cdot h_3 \cdot (1 - 0,5 \cdot \text{ctg} \alpha_3)} \quad (7)$$

$\varphi = u / v_k$ – коефіцієнт ковзання компонентів («коефіцієнт ежекції») u – швидкість повітря в ринві, м/с.

Коефіцієнт ковзання компонентів залежить від числа Бутакова-Нейкова*

$$B_u = 1,5 \cdot \psi \cdot \frac{v_k \cdot G_M}{g \cdot d \cdot 10^{-3} \cdot \rho_m \cdot S_{ж} \cdot \sum \zeta} \quad (8)$$

і критерію Ейлера

$$E_u = \frac{2 \cdot P_y}{\rho_0 \cdot v_k^2 \cdot \sum m_j d_j} \quad E_u = \frac{2 \cdot P_y}{\rho_0 \cdot v_k^2 \cdot \sum \zeta} \quad (9)$$

де d – середній діаметр часток матеріалу, що перевантажується, мм,

$$d = 0,01 \cdot \sum_{j=1}^9 m_j d_j \quad (10)$$

(якщо виявиться, що $d \leq 14,6 \cdot \sqrt{\beta}$, слід ухвалювати в якості розрахункового середнього діаметра $d = 14,6 \cdot \sqrt{\beta}$;

$\sum \zeta$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів (к.м.с.) ринви й укриттів

$$\sum \zeta = \zeta_{\text{вх}} + \zeta_0 + \zeta_{\text{пер}} \quad (11)$$

$\zeta_{\text{вх}}$ – к.м.з, входу повітря у верхнє вкриття, віднесений до динамічного напору повітря наприкінці ринви ($u^2 \cdot \rho / 2$).

$$\zeta_{\text{вх}} = 2,4 \cdot (S_{\text{ж}} / F_{\text{в}})^2; \quad (12)$$

$F_{\text{в}}$ – площа нещільностей верхнього вкриття, м²;

* Числа Бутакова-Нейкова й Ейлера є суттю параметрів М и N широко використовуваних у нормативних і учбово-методичних матеріалах.

В, м	0,5	0,65	0,8	1,0	1,2
F _в , м ²	0,2	0,25	0,3	0,45	0,6

ζ_0 – к.м.с. ринви ($\zeta_0 = 1,5$ для вертикальних ринв, $\alpha_3 = 90^\circ$; $\zeta_0 = 2,5$ при наявності похилої ділянки, тобто $\alpha_3 \neq 90^\circ$); $\zeta_{\text{пер}}$ – к.м.с. твердої перегородки (для вкриття типу «Д»; в укритті типу «0» тверда перегородка відсутня, у цьому випадку $\zeta_{\text{пер}} = 0$)

Таблиця 2. Значення $\zeta_{\text{пер}}$ для вкриття типу «Д»

$h/H \frac{S_{\text{жс}}}{b_1 H}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
1,0	193	44,5	17,8	8,12	4,02
0,8	124	28,5	11,4	6,19	2,57
0,6	69,5	16,0	6,41	2,92	1,45
0,4	30,9	7,12	2,84	1,30	0,64
0,2	7,72	1,78	0,71	0,32	0,16
0,1	1,93	0,45	0,18	0,08	0,04

Ψ – коефіцієнт лобового опору частки

$$\psi = 1,8 \cdot \exp \left[-1,8 \cdot \sqrt{\beta \cdot 10^3} / d \right] \quad (13)$$

β – об'ємна концентрація часток у ринві, $\text{м}^3/\text{м}^3$

$$\beta = \frac{2 \cdot G_m}{\rho_m \cdot S_{\text{ж}} \cdot (1+n) \cdot v_{\text{к}}} \quad (14)$$

$n = v_{\text{н}} / v_{\text{к}}$ – відношення швидкості потоку часток

на початку ринви до кінцевої швидкості потоку.

При знайдених числах B_u і E_u коефіцієнт ковзання компонентів визначається для рівномірно прискореного потоку часток по формулі:

$$\varphi = \sqrt{\frac{B_u}{3} \cdot \left[|1 - \varphi|^3 - |n - \varphi|^3 \right]} + E_u \quad (15)$$

Розв'язок рівняння (15)* можна знайти методом послідовних наближень, вважаючись у якості першого наближення

$$\varphi_1 = 0,5 \cdot \left(\frac{1+n}{2} + \sqrt{E_u} \right) \quad (16)$$

Якщо виявиться, що $\varphi_1 < n$, величина φ визначається розв'язком квадратного рівняння (одержуваного з (15), опускаючи знаки абсолютної величини й розкриваючи дужки):

$$\varphi = \sqrt{\left(b/(2a) \right)^2 + c/a} - b/(2a), \quad (17)$$

де

$$a = 1 - B_u \cdot (1 - n) \quad (18)$$

$$b = (1 - n^2) B_u \quad (19)$$

$$c = E_u + \frac{B_u}{3} \cdot (1 - n^3) \quad (20)$$

Порядок розрахунків розглянемо на прикладі.

1. На підставі заданого гранулометричного складу будемо інтегральний графік розподілу часток по крупності (скориставшись попередньо знайденою інтегральною сумою m_i) і знаходимо медіанний діаметр (мал. 3) $d_m = 3,4 \text{ мм} > 3 \text{ мм}$, тобто маємо випадок перевантаження кускового матеріалу й, отже, $\delta_\omega = 0,03 \text{ м}$; $P_y = 7 \text{ Па}$ (табл. 1). Відповідно до формули (10) середній діаметр часток $d = 0,01 \cdot 412 = 4$.

2. По формулі (3) визначаємо площа неплотностей нижнього вкриття (маючи у виді, що $L_0 = 1,5$ м; $b = 0,6$ м, при $V = 0,5$ м (див. табл. 1)

$$F_H = 2 (1,5 + 0,6) 0,03 = 0,126 \text{ м}^2$$

3. По формулі (2) визначаємо витрата повітря, що надходить через нещільності вкриття

$$Q_H = 0,65 \cdot 0,126 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 7}{1,213}} = 0,278 \text{ м}^3/\text{с}$$

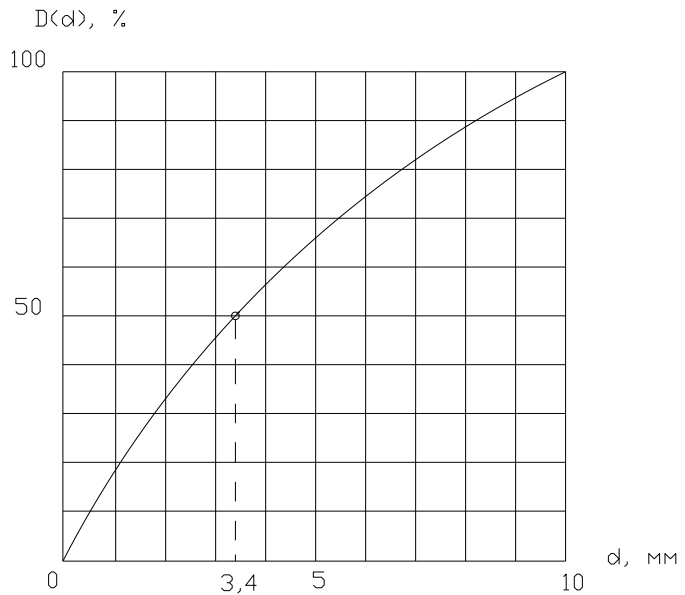


Рис. 1. Інтегральний графік розподілу часток по крупності

4. По формулах (5)... (7) знаходимо швидкості потоку часток у ринві:

$$v_H = v_{K1} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 1} = 4,43 \text{ м/с};$$

$$v_{K2} = \sqrt{4,43^2 + 2 \cdot 9,81 \cdot 2} = 7,67 \text{ м/с};$$

$$v_H = v_{K3} = \sqrt{(7,67 \cdot \sin 45^\circ)^2 + 2 \cdot 9,81 \cdot (1 - 0,5 \operatorname{ctg} 45^\circ)} = 5,87 \text{ м/с}.$$

Отже:

$$n = 4,43/5,87 = 0,754.$$

5. По формулі (11) визначаємо суму к.м.с. ринви з урахуванням опору вкриттів.

При $F_b = 0,2 \text{ м}^2$ по формулі (12) маємо:

$$\zeta_{\text{вх}} = 2,4(0,1/0,2)^2 = 0,6$$

При $h/H = 0,12/0,4 = 0,3$.

$$S_{\text{ж}}/(b_1 \cdot H) = 0,1/(0,4 \cdot 0,4) = 0,625.$$

по табл. 5 знаходимо $\zeta_{\text{пер}} = 6,5$;

6. По формулі (14) знаходимо об'ємну концентрацію часток у ринві

$$\beta = \frac{2 \cdot 36}{3700 \cdot 0,1 \cdot (1 + 0,754) \cdot 5,87} = 0,0189$$

7. По формулі (13) визначаємо коефіцієнт лобового опору часток у ринві:

$$\psi = 1,8 \exp\left[-1,8 \sqrt{18,9/4,1}\right] = 0,27$$

8. По формулах (8) і (9) знаходимо відповідно число Бутакова-Нейкова й число Ейлера:

$$\beta_u = 1,5 \cdot 0,27 \cdot \frac{36 \cdot 5,87}{9,81 \cdot 4,1 \cdot 10^{-3} \cdot 3700 \cdot 0,1 \cdot 9,6} = 0,6;$$

$$E_u = \frac{2,7}{1,213 \cdot 5,87^2 \cdot 9,6} = 0,6.$$

9. Визначаємо коефіцієнт «ежекції» відповідно до формули (16):

$$\varphi_1 = 0,5 \left(\frac{1+0,754}{2} + \sqrt{0,035} \right) = 0,532 < 0,754.$$

І, отже, можна користуватися формулою (17) з урахуванням (18)... (20):

$$a = 1 - 0,6 \cdot (1 - 0,754) = 0,852;$$

$$b = (1 - 0,754^2) \cdot 0,6 = 0,259;$$

$$c = 0,035 + 0,6 \cdot (1 - 0,754^3) / 3 = 0,15;$$

$$\varphi = \sqrt{\left(\frac{0,259}{2 \cdot 0,852} \right)^2 + \frac{0,15}{0,852} - \frac{0,259}{2 \cdot 0,852}} = 0,294$$

10. По формулі (4) визначаємо витрата повітря, що надходить у нижнє укриття першого перевантажувального вузла:

$$Q_{ж1} = 0,294 \cdot 5,87 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0,0189)^2 = 0,173$$

З метою скорочення обчислень покладемо для другого, третього й четвертого перевантажувальних вузлів витрати:

$$Q_{жi} = \kappa_i Q_{ж1}; \text{ до}_2=0,9; \text{ до}_3=0,8; \text{ до}_4=0,7$$

Результату обчислень заносимо в перший рядок табл. 7, вважаючи те, що всі перевантажувальні вузли обладнані тим самим укриттям, витрата повітря, що надходить через нещільності і-го перевантажувального вузла, $Q_{ні} = Q_{н} = 0,278 \text{ м}^3/\text{с}$.

Результат заносимо в другий рядок табл. 7, а суму витрат $Q_{жi} + Q_{ні}$ – у третю.

Сума витрат $\sum Q_{ai}$, – являє собою загальну продуктивність аспіраційної установки (витрата повітря, що надходить у пиловловлювач – Q_n) і заноситься у восьмий стовпець цього рядка.

Розрахунки дисперсного складу й концентрації пилу в аспіруємому повітрі:

$$\text{Щільність пилу } \rho_n = \rho_m \cdot (\rho_n = 3700 \text{ кг/м}^3)$$

Витрата повітря, що надходить у вибуття по ринві – $Q_{жі}$ (через нещільності для вкриття типу «ПРО» – $Q_{ні}$ = Q_H), що віддаляється з укриття – Q_{ai} (див. табл. 4).

Геометричні параметри вкриття (див. рис.. 1), м:
довжина – L_0 ; ширина – b ; висота – H .

Площа поперечного переріза, м:

а) аспіраційного патрубку $F_{вх} = bc$;

б) укриття між зовнішніми стінками (для вкриття типу «ПРО»)

$$F_2 = bh;$$

в) укриття між внутрішніми стінками (для вкриття типу «Д»)

$$F_1 = b_1 H;$$

де b – відстань між зовнішніми стінками, м; b_1 – відстань між внутрішніми стінками, м; H – висота вкриття, м; c – довжина вхідного перетину аспіраційного патрубка, м.

У нашій випадку, при $B = 500$ мм, для вкриття з подвійними стінками (укриття типу «Д») $b = 0,6$ м; $b_1 = 0,4$ м; $c = 0,25$ м; $H = 0,4$ м;

$$F_{вх} = 0,25 \cdot 0,6 = 0,15 \text{ м}^2; F_1 = 0,4 \cdot 0,4 = 0,16 \text{ м}^2.$$

Видалення аспіраційної вирви від ринви:

- а) для вкриття типу «0» $L_y = L$;
 б) для вкриття типу «Д» $L_y = L - 0,2$.
 У нашій випадку $L_y = 0,6 - 0,2 = 0,4$ м.

Середня швидкість повітря усередині вкриття, м/с:

- а) для вкриття типу «Д»

$$v_r = Q_{ж} / F_1 \quad (21)$$

- б) для вкриття типу «0»

$$v_r = (Q_{ж} + 0,5QH) / F_2. \quad (22)$$

Швидкість входу повітря в аспіраційну вирву, м/с:

$$v_{вх} = Q_a / F_{вх} \quad (23)$$

Діаметр найбільш великої частки в аспірируемом повітрі, мкм:

$$d_{\max} = 5780 \cdot \sqrt{v_{вх} / \left[\rho_n \left(1 + 0,08 \frac{v_{вх}}{v_r} \cdot \frac{L_y}{H} \right) \right]} \quad (24)$$

По формулі (21) або по формулі (22) визначаємо швидкість повітря в укритті v_r й результат заносимо в рядок 4 табл. 4.

По формулі (23) визначаємо швидкість входу повітря в аспіраційну вирву $v_{вх}$ й результат заносимо в рядок 5 табл. 7.

По формулі (24) визначаємо d_{\max} і заносимо результат у рядок 6 табл. 7.

Таблиця 3. Масовий зміст часток пилу, що залежить

від d_{\max}

Номер фракції j	Розмір фракції, мкм	Масова частка часток j-й фракції (n_j , %) при d_{\max} , мкм						
		80	100	125	160	200	250	315
I	0...5	18	16,5	15,5	14	11	9	7
2	5... 10	11	10	9,5	9	6	6	6
3	10... 20	16	15	14	14	13	9	7
4	20... 40	23	22	21	15	15	12	12
5	40...60	17	16,5	16	15	15	14	11
6	> 60	15	20	24	33	40	50	57

Значення n_j відповідні до розрахункової величини d_{\max} (або найближчому значенню) випикуємо зі стовпця таблиці 3 і результати (у частках) затуаємо в рядки 11...16 стовпців 4...7 табл. 4. Можна використовувати й лінійну інтерполяцію значень таблиці, але слід мати у виді, що в результаті одержимо, як правило, $\sum n_j \neq 100\%$ і тому потрібно скорегувати максимальне значення n_j (щоб забезпечити $\sum n_j = 100\%$).

Визначення концентрації пилу

Витрата матеріалу – G_m , кг/з (36),

Щільність часток матеріалу – ρ_m , кг/м³ (3700).

Вихідна вологість матеріалу $-W_0$, % (2).

Процентний вміст у матеріалі, що перевантажується, часток d_{\max} дрібніше α -, % (d_{\max} при $=149...137$ мкм d , $=2 + 1,5=3,5\%$). Витрата пили, що перевантажується з матеріалом $-G_{n_{\max}} = 10 \cdot \alpha \cdot G_M$, г/с ($10 \cdot 3,5 \cdot 36=1260$).

Обсяги аспірації $-Q_{ai}$, м³/з ($Q_{ai} = 0,451...0,399$).

Швидкість входу в аспіраційну ю вирву $-v_{\text{вх}}$, м/с

($v_{\text{вх}} = 3,007...2,660$).

Максимальна концентрація пилу в повітрі, що віддаляється місцевим відсосом з i -го вкриття (A_{\max} , г/м³),

$$A_{\max_i} = G_{n_{\max}} / Q_{a_i}, \quad (25)$$

Фактична концентрація пилу в аспіруемом повітрі

$$A_i = \kappa_i \cdot A_{\max}, \quad (26)$$

де κ_i – поправочний коефіцієнт, обумовлений по формулі

$$\kappa_i = 72,2 \cdot 10^{-3} \cdot \kappa_{\text{неп}} \cdot v_{\text{вх}}^b \cdot e^{-c}, \quad (27)$$

у якій

$$b = 3,75 - 0,33 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_n, \quad (28)$$

$$c = 0,63 \cdot 10^{-3} \rho_n + (0,62 + 0,022 \cdot 10^{-3} \rho_n) W + 0,03 \left[W - 5 + 0,7 (10^{-3} \rho_n - 1,4)^2 \right], \quad (29)$$

$\kappa_{\text{пер}} = 0,714$ для вкриттів типу «Д», $\kappa_{\text{пер}} = 1$ для вкриттів типу «ПРО»; у нашій випадку (при $\rho_n = 3,7 \cdot 10^3$ кг/м³):

$$b = 3,75 - 0,33 \cdot 3,7 = 2,529,$$

$$c = 0,63 \cdot 10^{-3} \cdot \rho_n + (0,62 + 0,022 \cdot 3,7) \cdot W + 0,03 \left[W - 5 + 0,7(3,7 - 1,4)^2 \right] = 2,292 + 0,731 \cdot W,$$

Або при $W = W_0 = 2\%$

$$c = 2,292 + 0,731 \cdot 2 = 3,754$$

$$\kappa_i = 72,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,714 \cdot v_{\text{вх}_i}^{2,529} \cdot e^{-3,754} = 1,208 \cdot v_{\text{вх}_i}^{2,529} \quad (30)$$

1. Відповідно до формули (25) вичисляємо A_{max_i} і з'являємо результати в 7 рядок зведеної табл. 7 (задана витрата пили G_{nmax} ділимо на відповідне числове значення рядка 3, а результати з'являємо в 7 рядок; для зручності в примітці, тобто в стовпці 8, проставляємо значення G_{nmax}).

2. Відповідно до формул (27...29) при встановленій вологості будемо розрахункове співвідношення типу (30) для визначення поправочного коефіцієнта κ_i , значення якого з'являємо в рядок 8 зведеної табл. 7.

Приклад. По формулі (27) знайдемо поправочний коефіцієнт пси $W = 2\%$ й $v_{\text{вх}_i} = 3,007$ м/с:

$$\kappa_i = 1,208 \cdot 10^{-3} \cdot 3,007^{2,529} = 0,0194,$$

Тоді

$$A_i = 0,0194 \cdot 2794 = 54 \text{ г/м}^3$$

Якщо запиленість повітря виявиться значною ($A_i > 6 \text{ г/м}^3$), необхідно передбачити інженерні способи по зменшенню концентрації пилу, наприклад: гідрозрошення матеріалу, що перевантажується, зменшення швидкості входу повітря в аспіраційну вирву, пристрій осаджувальних елементів в укрітті [29, 30] або застосування місцевих відсосів – сепараторів [31]. Якщо шляхом гідрозрошення вдається збільшити вологість W_k до 6% то будемо мати:

$$c = 2,292 + 0,731 \cdot 6 = 6,678, \\ \kappa_i = 0,0648 \cdot 10^{-3} \cdot v_{\text{вх}i}^{2,529} \quad (31)$$

При $v_{\text{вх}i} = 3,007$, $\kappa_i = 1,049 \cdot 10^{-3}$, $A_i = 2,931 \text{ г./м}^3$ і в якості розрахункового співвідношення для κ_i використовуємо співвідношення (31).

3. По формулі (26) визначаємо фактичну концентрацію пили в І-М місцевому отсосе й результат затыгаємо в рядок 9 табл. 7 (значення рядка 7 множаться на відповідні і-му відсмокчу – значення рядка 8).

Визначення концентрації й дисперсного состава пили перед пиловловлювачем

Для вибору пилоулавлювальної установки аспіраційної системи, що обслуговує всі місцеві отсоси, необхідно знайти усереднені параметри повітря перед пиловловлювачем. Для їхнього визначення використовуються очевидні балансові співвідношення законів збереження маси, що транспортується по

воздуховодам пили (уважаючись, що осадження пили на стінках воздуховодов пренебрежимо мало):

$$G_i = A_i \cdot Q_{ai} \quad (32)$$

Для концентрації пили в повітрі, що надходить у пиловловлювач, маємо очевидне співвідношення:

$$A_n = \sum_{i=1}^4 G_i / Q_n, \quad Q_n = \sum_{i=1}^4 Q_{ai} \quad (33)$$

Маючи у виді, що витрата пили j -ї фракції в i – м місцевому отсеке

$$G_{ji} = n_{ji} \cdot A_i \cdot Q_{ai} = n_{ji} \cdot G_j, \quad (34)$$

масовий зміст цієї фракції перед пиловловлювачем

$$n_{ji} = G_j / \sum_{j=1}^6 G_j, \quad G_j = \sum_{i=1}^4 G_{ji} \quad (35)$$

Очевидно, що

$$\sum_{i=1}^6 G_j = \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^4 G_{ji} = \sum_{i=1}^4 G_j \quad (36)$$

1. Перемножуючи відповідно до формули (32) значення рядка 9 і рядка 3 табл. 4, знаходимо витрату пилу в i – м отсеке, а його значення затягаємо в рядок 10. Суму цих витрат проставимо в стовпці 8.

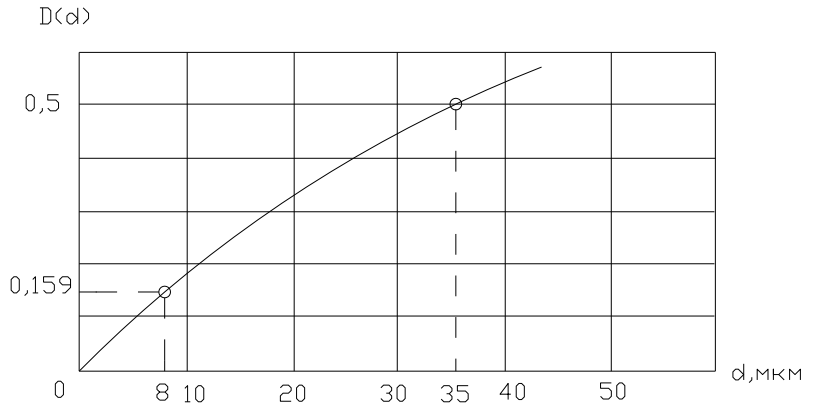


Рис. 2. Розподіл часток пилу по крупности перед входом у пиловловлювач

Таблиця 5. Результати розрахунків обсягів аспірируемого повітря, дисперсного складу й концентрації пилу в місцевих отсосах і перед пиловловлювачем

п/п	Умовні позначки	Для і-го отсоса				Примітка
		i=1	i=2	i=3	i=4	
1	2	3	4	5	6	7
1	$Q_{жi}$ м ³ /с	0,173	0,156	0,138	0,121	
2	Q_{ni} м ³ /с	0,278	0,278	0,278	0,278	
3	Q_{ai} м ³ /с	0,451	0,434	0,416	0,399	$\sum Q_{ai} = Q_n = 1,7$ м ³ /с
4	v_{ri} м/с	1,081	0,975	0,863	0,756	$F_1 = 0,16$ м ²
5	v_{exi} м/с	3,007	2,893	2,773	2,660	$F_1 = 0,15$ м ²

6	$d_{\max i}$ МКМ	149	145	141	137	L=0,4; H=0,4
7	$A_{\max i}$ Г/М ³	2794	2903	3029	3158	$G_{n_{\max}} = 1260$ г/с при W=6%
8	$k_i \cdot 10^{-3}$ б/п	1,049	0,951	0,855	0,769	
9	A_i Г/М ³	2,931	2,76 Г	2,590	2,429	
10	G_i Г/с	1,322	1,198	1,077	0,969	
11	n_{1i} б/п	0,14	0,14	0,155	0,155	
12.	n_{2i} б/п	0,09	0,09	0,095	0,095	
13	n_{3i} б/п	0,14	0,14	0,14	0,14	
14	n_{4i} б/п	0,15	0,15	0,21	0,21	
15	n_{5i} б/п	0,15	0,15	0,16	0,16	
16	n_{6i} б/п	0,33	0,33	0,24	0,24	$G_j \cdot n_{jn}$
17	$n_{1i} G_i$ Г/с	0,185	0,168	0,167	0,150	0,670 0,147
18	$n_{2i} G_i$ Г/с	0,119	0,108	0,102	0,092	0,421 0,092
19	$n_{3i} G_i$ Г/с	0,185	0,168	0,151	0,136	0,640 0,140
20	$n_{4i} G_i$ Г/с	0,198	0,180	0,226	0,203	0,607 0,177
21	$n_{5i} G_i$ Г/с	0,198	0,180	0,172	0,155	0,705 0,154
22	$n_{6i} G_i$ Г/с	0,436	0,395	0,25Б	0,233	$\frac{1,322}{4,565} \frac{0,290}{1,000}$

2. Множачи значення рядка 10 на відповідні значення рядків 11...16, одержимо відповідно до формули (34) величину витрати пили j -ої фракції в i -м місцевому отсеке. Значення цих величин затягаємо на рядках 17...22. Порядкова сума цих величин, що проставляється в стовпці 8, представляє витрату j -ої фракції перед пиловловлювачем, а відношення цих сум до загальної витрати пили відповідно до формули (35) є масовою часткою j -ої фракції пили, що надходить у пиловловлювач. Значення n_{jn} проставляються в стовпці 8 табл. 7.

3. На підставі обчислених n_{jn} у результаті побудови інтегрального графіка розподілу пилових часток по крупности (мал. 2) знаходимо розмір пилових часток, дрібніше яких у вихідному пилу втримується 15,9% від загальної маси часток ($d_{15,9} = 8$ мкм), медіанний діаметр ($d_{15,9} = 35$ мкм) і дисперсію розподілу

$$\text{часток по крупности: } \lg \sigma_4 = \lg \frac{d_m}{d_{15,9}} = \lg \frac{35}{8} = 0,64$$

Найбільш широке поширення при очищенні аспіраційних викидів від пилу одержали інерційні сухі пиловловлювачі – циклони типу ЦН; інерційні мокрі пиловловлювачі – циклони СИОТ, коагуляційні мокрі пиловловлювачі КМП і КЦМП, ротоклоны; контактні фільтри – рукавні й зернисті.

Для перевантажень ненагрітих сухих сипучих матеріалів застосовуються як правило циклони НІОГАЗ при концентрації пили до 3 г/м^3 і $d_m > 35 \text{ мкм}$ або рукавні фільтри при більших концентраціях пили й меншому її крупності. На підприємствах із замкненими циклами водопостачання використовуються інерційні мокрі пиловловлювачі.

Витрата повітря, що очищається, Q_n – , $\text{м}^3/\text{с}$ (1,7),

Концентрація пили в повітрі перед пиловловлювачем – A_n , г/м^3 (2,68).

Дисперсний склад пили в повітрі перед пиловловлювачем – n_{jn} (див. табл. 5).

Медіанний діаметр пилових часток – d_m , мкм (35,0).

Дисперсія розподілу часток по крупності – $\lg \sigma$ (0,64),

Щільність пилових часток – ρ_n , кг/м^3 (3700).

При виборі в якості пиловловлювача циклонів типу ЦН використовуються наступні параметри (табл. 6).

Таблиця 6. Гідравлічний опір і ефективність циклонів

Параметр	Щ-11	Щ-15	ЦН-15В	ОД-24
d_{50} , мкм – діаметр часток, що вловлюються на 50% у циклоні з діаметром $D_T = 0,6$ м при швидкості повітря $v_{\text{опт}}$, динамічної в'язкості повітря $\mu_T = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па з і щільності часток $\rho_{\text{пт}} = 1930$ кг/м ³	3,65	4,5	6,0	8,5
$v_{\text{опт}}$, м/с – оптимальна швидкість повітря в поперечному перерізі циклону	3,5	3,5	3,5	4,5
Дисперсія парціальних коефіцієнтів очищення – $\lg \sigma_\eta$	0,352	0,325	0,352	0,308
Коефіцієнт місцевих опорів циклону, віднесений до динамічного напору повітря в поперечному перерізі циклону, $\zeta_{\text{ц}}$:				
для одного циклону	245	155	165	75
для групи з 2-х циклонів	284	180	191	87
для групи з 4-х циклонів	304	192	205	93

Припустима концентрація пилу в повітрі, що викидається в атмосферу, г/м^3 [32]

$$A_{\text{kd}} = (160 - 14,4 \cdot Q_n) \cdot k_B \cdot 10^{-3}$$

$$\text{при } Q_n \leq 4,17 \text{ м}^3/\text{с} \quad (37)$$

$$A_{\text{kd}} = 0,1 \cdot k_B$$

$$\text{при } Q_n > 4,17 \text{ м}^3/\text{с} \quad (38)$$

Де k_B коефіцієнт, що враховує фиброгенну активність пилу, визначається залежно від величини гранично припустимої концентрації (ГПК) пилу в повітрі робочої зони:

ПДК мг/м^3	<2	2...4	4...6	6>
k_B	0,3	0,6	0,8	1,0

Необхідний ступінь очищення повітря від пилу, %

$$\eta_{\text{тр}} = \frac{A_n - A_{\text{kd}}}{A_n} \cdot 100 \quad (39)$$

Розрахунковий ступінь очищення повітря від пилу, %

$$\eta_p = \sum_{j=1}^6 n_{jn} \cdot \eta_j \quad (40)$$

де η_j – ступінь очищення повітря від пилу j -ї фракції, % (пофракціонная ефективність – ухвалюється за довідковим даними).

Дисперсний состав багатьох промислових пили (при $1 < d_j < 60$ мкм) як і пофракціонная ступінь їх очищення й інерційних пиловловлювачу підкоряється логарифмічно нормальному закону розподілу, і загальний ступінь очищення визначається по формулі:

$$\eta_p = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{y^2}{\sigma^2}} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}} dy, \quad (41)$$

у якій

$$X = \frac{\lg \frac{d_m}{\sigma_{50}}}{\sqrt{(\lg \sigma_4)^2 + (\lg \sigma_2)^2}}, \quad (42)$$

де σ_{50} – діаметр часток, що вловлюються на 50% у циклоні діаметром $D_{ц}$ при середній швидкості повітря в його поперечному перерізі v ,

$$\sigma_{50} = d_{50}^T \sqrt{\frac{D_{ц}}{D_T} \cdot \frac{\rho_{нТ}}{\rho_n} \cdot \frac{\mu}{\mu_T} \cdot \frac{v_{опт}}{v}}, \quad (43)$$

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості повітря (при $t=20$ °С, $\mu=18,09 \cdot 10^{-6}$ Па–с).

Інтеграл (41) не дозволяється у квадратурах, і його значення визначаються чисельними методами. У табл. 9 наведені значення функції $\eta(x)$ знайдені цими методами й запозичені з монографії [33].

Неважко встановити, що:

$$\eta_p = 50 \cdot (1 + \Phi(x)), \Phi(-X) = -\Phi(X), \quad (44)$$

Де:

$$\Phi(X) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{z^2}{2}} \cdot dz, \quad (45)$$

це інтеграл імовірності, табличні значення якого наведені в багатьох математичних довідниках (див., напр., [34]).

Порядок розрахунків розглянемо на конкретному примірові.

1. Припустима концентрація пилу в повітрі після його очищення відповідно до формули (37) при ПДК у робочій зоні 10 мг/м^3 ($K_b = 1$)

$$A_{kd} = (160 - 14,4 \cdot 1,7) \cdot 1 \cdot 10^3 = 0,136, \text{ г/м}^3$$

2. Необхідний ступінь очищення повітря від пилу по формулі (39) становить

$$\eta_{TP} = \frac{2,68 - 0,136}{2,68} \cdot 100 = 94,9\%$$

Така ефективність очищення для наших умов ($d_m = 35 \text{ мкм}$ і $\rho_n = 3700 \text{ кг/м}^3$) може бути забезпечена групою з 4-х циклонів ЦН-11

3. Визначимо необхідну площу поперечного переріза одного циклону:

$$F_{\text{ц}} = \frac{Q_n}{4v_{\text{онт}}} = \frac{1,7}{4 \cdot 3,5} = 0,12 \text{ м}^2$$

4. Визначаємо розрахунковий діаметр циклону:

$$\sqrt{\frac{4F_{\text{ц}}}{\pi}} = D_p = \sqrt{\frac{4F_{\text{ц}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,12}{\pi}} = 0,39 \text{ м}$$

Вибираємо найближчий з нормованого ряду діаметрів циклонів (300, 400, 500, 600, 800, 900, 1000 мм), а саме $D_{\text{ц}} = 0,4 \text{ м}$.

5. Визначаємо швидкість повітря в циклоні:

$$v = \frac{Q_n}{4 \cdot (\pi \cdot D_{\text{ц}}^2 / 4)} = \frac{1,7}{\pi \cdot 0,4^2} = 3,4 \text{ м/с}$$

6. По формулі (43) визначимо діаметр часток, що вловлюються в цьому циклоні на 50%:

$$\delta_{50} = 3,65 \sqrt{\frac{0,4}{0,6} \cdot \frac{1930}{3700} \cdot \frac{18,09}{22,2} \cdot \frac{3,5}{3,4}} = 1,97 \text{ мкм}$$

7. По формулі (42) визначаємо параметр X:

$$X = \frac{\lg \frac{35}{1,97}}{\sqrt{0,64^2 + 0,352^2}} = 1,71.$$

Отриманий результат, заснованої на методиці НІОГАЗ, припускає логарифмічно нормальний закон розподілу пилових часток по крупности. Фактично дисперсний состав пили, в області великих часток ($d_j > 60 \text{ мкм}$), в аспірируемом повітрі для вкриттів місць завантаження конвеєрів відрізняється від нормально-логарифмічного закону. Тому розрахунковий ступінь очищення рекомендується зіставити з розрахунками по формулі (40) або з методикою кафедри МОПЭ (для

циклонів), заснованої на дискретному підході до досить повно освітленої в курсі «Механіка аерозолів».

Альтернативний шлях визначення достовірної величини загальному ступеня очищення повітря в пиловловлювачах полягає в постановці спеціальних експериментальних досліджень і порівнянні їх з розрахунковими, що ми рекомендуємо для поглибленого вивчення процесу очищення повітря від твердих часток.

9. Концентрація пилу в повітрі після очищення становить

$$A_k = A_n \cdot \left(1 - \frac{\eta_p}{100}\right) = 2,68 \cdot (1 - 0,956) = 0,118 \text{ г/м}^3,$$

т.е. менше припустимої.

Вивод – добір аспіраційного встаткування проведений вірно.

Звіт про роботу

Звіт про виконану роботу повинен мати:

1. Короткий зміст загальних відомостей.
2. Розрахунки, занесені в таблиці.
3. Висновки про відповідність вентиляційної установки умовам праці.

Контрольні питання

1. Який процес називають вентиляцією?
2. Які бувають види вентиляції?
3. Сутність вентиляції.
4. Системи вентиляції.
5. Які параметри оцінюють ефективність вентиляційної установки?
6. За яких умов проводять дослідження вентиляційних установок?
7. Які треба зробити виміри, щоб розрахувати продуктивність вентиляції?
8. У яких випадках не потрібно розраховувати повітрообмін?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / В.Г.Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко, Л.О. Орлов та ін. За ред.. доктора технічних наук, професора Мирончука В.Г. – Вінниця : Нова книга, 2007 – 648 с.
2. Технологія та проектування елеваторів. Шаповаленко О.І., Евтущенко О.О, Янюк Т.І., 416 ст., 2015
3. Технологія елеваторної промисловості. Вобліков Е.М., 384 ст., 2010.
4. Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н.О. Підйомно-транспортні машини: Навчальний посібник. Ніжин, 2020. 150 с.
5. Дацишин О.В., Ткачук А.І., Гвоздева О.В. та ін. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв/ За редакцією О.В. Дацишина. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2008. – 488 с.
6. М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець та ін. Основи охорони праці.– К.: Основа, 2000.- 416 с.
7. Г.М. Гряник та ін. Охорона праці.- Київ: Урожай, 1994.- 269с.
8. Г.М. Гряник. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. 1988.- 87с.

Навчальне видання

Лук'янов І.М.
Богомолів О.В.,
Гурський П.В.,
Кісь-Коркіщенко Л.В.

Методичні вказівки

до виконання лабораторно–практичного заняття:

**РОЗРАХУНКИ ПРОДУКТИВНОСТІ МІСЦЕВИХ
ВІДСМОКТУВАЧІВ**
з дисципліни «Організація технологічних процесів
елеваторної промисловості»

Кафедра обладнання та інжинірингу переробних і
харчових виробництв

Відповідальні за випуск: Лук'янов І.М.

Комп'ютерний набір та верстка: Лук'янов І.М.,
Кісь-Коркіщенко Л.В.

Підп. до друку 28.08.23

Зам. № 63

Формат паперу 60x84 30/20 Обл. - вид. арк. 1,5

Тираж 100 Ризограф TR 1510 №

80654645

ДБТУ , 61002, м. Харків, пр. Героїв Харкова 45, кім. 204

Підготовлено та надруковано кафедрою ОПХВ
Державного біотехнологічного університету