

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІ**  
**ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ**  
**ПО ДИСЦИПЛІНІ**  
**«ДОПОМІЖНІ ПРОЦЕСИ ЗБАГАЧЕННЯ»**

Донецьк, ДонНТУ  
2008 р.

**Кафедра "Збагачення корисних копалин"**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІ  
та завдання  
до виконання індивідуальної роботи  
по дисципліні  
«ДОПОМІЖНІ ПРОЦЕСИ ЗБАГАЧЕННЯ»**

Затверджено  
учбово-видавничою радою ДонНТУ

**Протокол № 5 від 22.10.2008 р**

Схвалено на засіданні  
методичної комісії спеціальності  
"Збагачення корисних копалин"

Протокол № 9 від 03.09.2008 р.

Донецьк, ДонНТУ  
2008 р.

**Завдання до індивідуальної роботи з дисципліни  
"Допоміжні процеси збагачення"**

**Робота складається із двох завдань, 1 задача (табл.1, 2) і реферат (табл. 3),  
по варіантах**

Завдання № 1. Привести схему циклону та розрахувати циклон по наступним вихідним даним (таблиця 1).

Таблиця 1

<b>Варіан</b>	$Q_{\Gamma}$	$V_{\text{вх}}$	$V_{\text{вих}}$	$\delta_{\Gamma}$	$\delta_{\text{ч}}$ , кг/м <sup>3</sup>	$d_{\text{ч}}$ , мкм	$D_4$ , м
<b>1</b>	10000	25,0	8,0	1,23	1500	11	0,20
<b>2</b>	15000	23,0	7,0	1,24	1600	12	0,25
<b>3</b>	20000	24,0	9,0	1,20	1400	10	0,30
<b>4</b>	25000	22,0	6,0	1,26	2500	14	0,20
<b>5</b>	30000	21,0	5,0	1,27	2000	13	0,25
<b>6</b>	35000	20,0	6,0	1,26	1900	10	0,30
<b>7</b>	40000	19,0	7,0	1,23	1800	11	0,35
<b>8</b>	45000	18,0	6,0	1,26	1700	12	0,35
<b>9</b>	50000	18,0	7,0	1,23	1600	13	0,30
<b>10</b>	55000	20,0	5,0	1,20	1500	15	0,30
<b>11</b>	60000	21,0	6,0	1,25	1700	10	0,35
<b>12</b>	65000	20,0	5,0	1,24	1800	14	0,40
<b>13</b>	12000	25,0	8,0	1,23	1600	10	0,20
<b>14</b>	17000	23,0	7,0	1,22	1500	13	0,25
<b>15</b>	23000	22,0	9,0	1,24	1400	10	0,20

У таблиці 1:

- $V_{\Gamma}$ - продуктивність циклона, м<sup>3</sup>/год;
- $V_{\text{вх}}$  - швидкість газу на вході циклона, м/с;
- $V_{\text{вих}}$  - швидкість газу на виході з циклона, м/с;
- $\delta_{\Gamma}$  - щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>;
- $\delta_{\text{ч}}$  - щільність часток пилу, кг/м<sup>3</sup>;
- $d_{\text{ч}}$  - розмір граничного зерна, мкм;
- $\mu$  - кінематична в'язкість повітря, м<sup>2</sup>/с,
- $\mu = 14,4 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;
- $D_4$  - діаметр пилового насадку, м.

Во всех вариантах принимать  $P_{\text{бар}} = 102 \text{кПа}$ ;  $P_{\text{ц}} = 40 \text{кПа}$ ;  $C = 50 \text{г/м}^3$ ;  $T = 140^{\circ}\text{C}$

Завдання № 1-2 Привести схему рукавного фільтру та вибрати рукавний фільтр по наступним вихідним даним (таблиця 2).

Таблиця 2

Варіант	$V_{г}, м^3 / год$	$T, ^\circ C$	$P_{бар}, кПа$	$P_{над}, Па$
16	63000	120	101	30
17	60000	110	102	10
18	57000	135	103	20
19	52000	140	104	15
20	50000	150	105	25
21	47000	145	106	35
22	42000	155	101	40
23	40000	125	102	10
24	37000	115	103	15
25	33000	120	104	20
26	30000	140	105	30
27	27000	150	106	35
28	23000	145	101	25
29	20000	150	102	40
30	65000	135	101	45

У таблиці 2:

$V_{г}$ - продуктивність по газі,  $м^3/год$ ;

$T$  - температура газу,  $^\circ C$ ;

$P_{бар}$  - барометричний тиск,  $кПа$  ;

$P_{над}$  - надлишковий тиск перед фільтром,  $Па$ .

Рек. література [1] стор. 196-198.

## Пояснення

### Вибір циклонів

У практиці роботи на підприємствах по заданих величинах витрати газів  $Q_{г}(м^3/ч)$ ; щільності газів  $\delta_{г}$  ( $кг/м^3$ ); температура газів  $T$  ( $^\circ C$ ); барометричного тиску  $P_{бар}$  ( $кПа$ ); тиски або розрядження в циклоні  $P_{ц}$  ( $кПа$ ); концентрації пилу в живленні циклона  $C_{п}$  ( $г/м^3$ ); щільності пилу  $\delta_{г}$  ( $кг/м^3$ ) вибирають тип циклона, що випускається промисловістю.

Послідовність вибору циклона:

1. Знаходять щільність газу ( $\delta$ )<sub>гр</sub> при робочих умовах:

$$\delta_{\bar{a}\bar{d}} = \delta_{\bar{a}} \frac{273(D_{\bar{a}\bar{d}} \pm D_{\bar{d}})}{(273 + D)P_{\bar{a}\bar{d}}}, \text{ кг/м}^3$$

2. Визначають витрата газу ( $Q$ )<sub>гр</sub> при робочих умовах

$$Q_{\bar{a}\bar{d}} = \frac{Q_{\bar{a}} \delta_{\bar{a}}}{\delta_{\bar{a}\bar{d}} 3600}, \text{ м}^3/з$$

3. Приймають тип циклона й задаються оптимальною швидкістю руху газу  $V_{\text{опт}}$ , що перебуває в межах від 1,7 до 4,5 м/с залежно від типу циклона, що становить: 3,5 м/с — для ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15В; 4,5 м/с -для ЦН-24; 2 м/с -для СДК-ЦН-33 й 1,7 м/с - для СК-ЦН-34.

4. Розраховують діаметр циклона  $D_{\delta}$ :

$$D_{\delta} = \sqrt{\frac{Q_{\text{ад}}}{0,785V_{\text{ад}}}}, \text{ м}$$

5. Приймають найближчий стандартний діаметр циклона й визначають дійсну швидкість  $V_{\delta}$  руху газів у циклоні.

$$V_{\delta} = \frac{Q_{\text{ад}}}{0,785D_{\delta}^2} \cdot \text{м/с}$$

Дійсна швидкість не повинна відрізнятись від оптимальної більш ніж на 15%. Якщо ця умова не витримана повторюють вибір циклона.

6. Розраховують коефіцієнт опору прийнятого до установки циклона:

$$\xi = \hat{e}_1 \hat{e}_2 \xi_{500}$$

де  $\hat{e}_1$  – поправочний коефіцієнт визначається по діаметрі й типу циклона (по таблиці);

$\hat{e}_2$  – поправочний коефіцієнт обумовлений по концентрації пилу, газу ( $\text{г/м}^3$ ) і типу циклона (по таблиці).

? - коефіцієнт опору циклона діаметром 500 мм, залежить від типу циклона (приймаються по таблиці).

Таблиця Значення коефіцієнта  $K_1$

Тип циклонів	Діаметр циклона, мм				
	150	... 200	300	450	500
ЦН-11	0,94	0,95	0,96	0,99	1
ЦН-15, ЦН-15В, ЦН-24	0,85	0,9	0,9	1 1	1
СДК-ЦН-33, СК-ЦН-34	1	1	3 1		1

Таблиця Значення коефіцієнта  $K_2$

Тип циклона	Запилювання						
	0	10	20	40	80	120	150
ЦН-11	1	0,96	0,94	0,92	0,9	0,87	0,85
ЦН-15	1	0,93	0,92	0,91	0,9	0,87	0,68
ЦН-15В	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

Таблиця Коефіцієнт опору циклонів ( $D=500$  мм,  $V_{\text{ц}}=3$  м/с)

Тип циклона	Особливості конструкції циклона		
	без додаткових пристроїв	с кільцевим дифузором	с тангенціальним уведенням
ЦН-11	245/250	207/215	255
ЦН-15	155/163	132/140	150
ЦН-15В	165/170	140/148	158
ЦН-24	75/80	64/70	73
СДК-ЦН-33	520/600	-	500
СК-ЦН-34	1050/1150	-	-

Примітка. У чисельнику наведені значення коефіцієнтів опору при роботі циклона в мережі, у знаменнику - при його роботі на вихлоп.

7. Визначають гідравлічний опір циклона ??:

$$\Delta P = \frac{\xi V_a^2 \delta_{a\delta}}{2}, \text{ Па}$$

#### ПРИКЛАД.

**Дано:**

$Q_r = 6500 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $\delta_r = 1,32 \text{ кг/м}^3$ ;  $T = 140^\circ\text{C}$ ;  $P_{\text{бар}} = 102 \text{ кПа}$ ;  $P_{\text{ц}} = 40 \text{ кПа}$ ;  $Z = 50 \text{ г/м}^3$ ;  $\delta_{\text{ц}} = 1500 \text{ кг/м}^3$ ;

Розрахунок:

$$\delta_{a\delta} = \delta_a \frac{273(D_{a\delta} \pm D_{\delta})}{(273 + \theta)D_{a\delta}} = 1,32 \frac{273(102 - 40)}{(273 + 140)102} = 0,53 \text{ кг/м}^3;$$

$$Q_{a\delta} = Q_a \frac{\delta_a}{\delta_{a\delta} 3600} = 6500 \frac{1,32}{0,53 * 3600} = 4,52 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$D_{\delta} = \sqrt{\frac{Q_{a\delta}}{V_{\text{н\delta}} 0,785}} = \sqrt{\frac{4,52}{4,5 * 0,785}} = 1,13 \text{ м}; \quad V_{\text{н\delta}} = 4,5 \text{ м/с}$$

Приймаємо НЦ 15 з діаметром 1000 мм

$$V_a = \frac{Q_{a\delta}}{0,785 D^2} = \frac{4,5}{0,785 * 1,0^2} = 5,7 \text{ м/с.}$$

Розбіжність між  $V_a$  і  $V_{\text{н\delta}}$  > 15%

Приймаємо  $D_{\text{ц}} = 1,2 \text{ м}$ :  $V_a = \frac{4,5}{0,785 * 1,2^2} = 3,99 \text{ м/с}$

$$\xi = \kappa_1 \kappa_2 \xi = 1 * 0,91 * 150 = 136,5$$

$$\Delta P = \xi \frac{V_a^2}{2} \delta_{a\delta} = 136,5 * \frac{3,99^2}{2} * 0,53 = 576 \text{ Па}$$

### Розрахунок рукавних фільтрів

При виборі тихорецького фільтра враховують наступні вимоги до фільтрів: гідравлічний опір, що допускає; значення вхідної й вихідної концентрації пилу; капітальні й експлуатаційні витрати. Беруть до уваги характеристики й властивості пилу: дисперсний і хімічний склад; схильність до злипання; цінність; можливість повернення у виробництво; гранично припустиму концентрацію в очищених газах або повітрі.

Загальну площу фільтрування  $F$  (м<sup>2</sup>) розраховують по формулі:

$$F = F_p + F_{p_2} = (V_z + V_n)/\omega + F_{p_2}$$

де  $F_p$ — площа фільтрування працюючих секцій, м<sup>2</sup>;

$F_{p,r}$ — площа фільтрувальної тканини в регенерируємої секції, м<sup>2</sup>;

$V_z$  — обсяг запилених газів з урахуванням підсмоктувань повітря, м<sup>3</sup>;

$V_n$ —обсяг продувних газів або повітря, м<sup>3</sup>;

$w$  — швидкість фільтрування, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>хв).

Задавшись типом фільтра й знаючи його фільтруючу поверхню, визначають, скільки варто встановити фільтрів:

$$n = F/F_\phi$$

де  $F_\phi$  — поверхня фільтрування фільтра, прийнятого до установки, м<sup>2</sup>.

Швидкість фільтрування залежить від типу фільтрувальної тканини, способу її регенерації, состава й дисперсності пилу. Оптимальна швидкість фільтрування для бавовняних або вовняних тканин становить 0,6—1 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>хв), а для тканин зі скловолкна 0,3—0,9 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>хв). При очищенні тканини, що видаляє легко з поверхні, пилу й при її концентрації в запиленому газі менш 1 г/м<sup>3</sup> швидкість фільтрування може бути збільшена до 1,3 - 1,5 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>хв) для вовняних тканин. Залишкова концентрація пилу в очищають газах, що, становить 10-30 мг/м<sup>3</sup> при вихідній концентрації 5-50г/м<sup>3</sup>. При використанні високоефективних фільтрувальних матеріалів концентрація пилу в очищеному газі може знижуватися до 1 мг/м<sup>3</sup>.

Витрата повітря або газу на зворотну продувку залежить від способу регенерації. Швидкість подачі повітря у фільтрах зі зворотною продувкою повинна перевищувати на 20-40 % швидкість фільтрування запилених газів. У фільтрах з імпульсною продувкою обсяг стисненого повітря становить 0,1-0,2 % обсягу повітря, що очищає, а у фільтрах зі струминною продувкою - 2 - 8%.

Гідравлічний опір рукавного фільтра  $\Delta P_\phi$  визначається опором корпусу  $\Delta P_K$  й опором фільтрувальної перегородки  $\Delta P_{\phi,п}$ :

$$\Delta P_\phi = \Delta P_K + \Delta P_{\phi,п}$$

Гідравлічний опір корпусу характеризують коефіцієнтом опору:

$$\xi_{до} = 2\Delta P_K / (V_{вх}^2 \rho_\Gamma)$$

де  $\xi_{до}$  — коефіцієнт опору;

$V_{вх}$ — швидкість руху газів у вхідному патрубку, м/с;

$\rho_\Gamma$ — щільність газів, кг/м<sup>3</sup>.

Коефіцієнт гідравлічного опору рукавних фільтрів звичайно становить 1,5-2.

Гідравлічний опір фільтрувальної перегородки дорівнює сумі опору тканини  $\Delta P_T$  й опору шаруючи пилу  $\Delta P_{\Pi}$ :

$$\Delta P_{\Phi\Pi} = \Delta P_T + \Delta P_{\Pi}$$

Опір тканини:

$$\Delta P_T = K_{\Phi} \mu_t g$$

де  $K_{\Phi}$  — коефіцієнт,  $m^{-1}$ ;  $\mu$  — в'язкість газу, З;  
 $g$  — питома подача,  $m^3/(m^2 \cdot s)$ .

Коефіцієнт  $K_{\Phi}$  залежить від розміру пор фільтротканини й діаметра часток і коливається від  $1 \cdot 10^9$  до  $3,5 \cdot 10^9$ ,  $m^{-1}$ .

Опір шаруючи пилу  $\Delta P_{\Pi}$  для часток діаметром менш 10 мкм приймають у межах 500—800 Па, а для більшого й волокнистого пилу — 250—400 Па.

Таблиця Технічна характеристика рукавних фільтрів

Тип фільтра	Площа фільтрування, $m^2$	Число секцій	Діаметр рукава, м	Висота рукава, м	Гідравліч опір, кПа
РФГ-1-112	112	4	0,22'''	3,1	
РФГ-1-168	168	6	0,22	3,1	—
РФГ-1-224	224	8	0,22	3,1	—
РФГ-1-280	280	10	0,22	3,1	—
РФГ-2-224	224	8	0,22	3,1	—
РФГ-2-336	336	12	0,22	3,1	—
РФГ-2-448	448	16	0,22	3,1	—
РФГ-2-560	560	20	0,22	3,1	—
ФРУ	2,5—50	1—4	0,125	0,9; 1; 2,5; 1,5; 2;	—
ФРВ-20	20	2	0,13	1,63	—
ФРН-30	30	2	0,13	1,63	—
ФРО-2400-1	2400	12	0,2	8	2—3
ФРО-6000-2	6000	12	0,2	10	2—3
ФРО-2000-3	20000	10	0,3	10	2—3
УРФМ-11М	2300	20	0,22	4,1	0,7—1,5
УРФМ-Ш	1610	14 ,	0,22	4,1	0,7—1,5
ФР-250	281	4	0,135	2,3	—
ФР-518	518	6	0,127	3	—
ФР-5000	5000	8	0,127	3,09	—

Загальний гідравлічний опір рукавних фільтрів  $\Delta P_{\Phi}$  не повинне перевищувати 2000—3000 Па для дрібних пилів й 800 -1200 Па для волокнистого й великого пилу. У промислових умовах гідравлічний опір рукавних фільтрів становить 900 - 2000 Па.



## ПРИКЛАД.

Вибрати рукавний фільтр із тканини оксалон для очищення димових газів при наступних умовах: подача газів на фільтр  $V_r = 65000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; температура газів  $T_r = 140^\circ\text{C}$ ; барометричний тиск  $P_{\text{бар}} = 102 \text{ кПа}$ , надлишковий тиск перед фільтром  $P_{\text{и}} = 35 \text{ Па}$ .

1. Визначаємо подачу з урахуванням присоса повітря - 15 %.

$$V = \frac{V_a * 1,15}{3600} = \frac{65000 * 1,15}{3600} = 20,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

2. Визначаємо обсяг газу, що надходить у фільтр при робочих умовах.

$$V_{\text{ад}} = V \frac{(273 + t_a) P_{\text{ад}}}{273(P_{\text{ад}} + P)} = 20,8 \frac{(273 + 140) 102}{273(102 + 0,035)} = 31,46 \text{ м}^3/\text{с}$$

3. Приймаємо швидкість фільтрації  $0,9 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ хв})$  або  $0,015 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ с})$ . Тоді необхідна площа фільтруючої поверхні складе.

$$F = \frac{V_{\text{ад}}}{g} = \frac{31,46}{0,015} = 2097,3 \text{ м}^2$$

4. Приймаємо до установки 20-секційний фільтр УРФМ із площею фільтрації  $2300 \text{ м}^2$ . Одна секція фільтра площею  $115 \text{ м}^2$  перебуває на регенерації. Активна площа складе

$$2300 - 115 = 2185 \text{ м}^2$$

5. Фактична швидкість фільтрації складе

$$g_o = \frac{V_{\text{ад}}}{F} = \frac{31,46}{2185} = 0,0144 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \text{ с})$$

Різниця між фактичною й прийнятою швидкістю фільтрації становить 4 %, що не перевищує 15 %, отже, фільтр прийнятий правильно.

Табл. 3 - Індивідуальні завдання реферативного плану

Варіант	Питання	Завдання
1	1	Джерела утворення пилу на ЗФ
	2	Схеми повітряного знепилення
2	1	Вибухонебезпечність повітряних сумішей. Умови.
	2	Батарейні циклони. Призначення, схеми, робота
3	1	Класифікація пилу.
	2	Вібраційні знепилювачі. Призначення, схеми, робота
4	1	Поняття ПДК і ПДВ.
	2	Відцентрові знепилювачі. Призначення, схеми, робота
5	1	Поняття знепилення, пиловловлення, рутшлямування.
	2	Циклони. Призначення, схеми, робота
6	1	Можливі заходи щодо зниження концентрації пилу у виробничих приміщеннях.
	2	Відцентрові скрубери. Призначення, схеми, робота
7	1	Швидкість витання часток пилу. Її роль при роботі осаджувальних знепилювачів.
	2	Пиловловлювачі із трубою Вентурі. Призначення, схеми, робота
8	1	Способи пиловловлення. Характеристика.
	2	Сутність процесу електричного очищення газів. Схема.

Продовження табл. 3

9	1	Мокре пиловловлення. Фізико-хімічні основи
	2	Промислові щаблі пиловловлення. Призначення, схеми, робота
10	1	Уловлювання пилу фільтруванням. Фізичні основи.
	2	Борботажні й пінні пиловловлювачі. Призначення, схеми, робота
11	1	Фільтрувальні тканини. Способи регенерації.
	2	Зернисті фільтри. Призначення, схеми, робота
12	1	Вплив пилу й газів на безпеку й охорону праці
	2	Схеми вкриття встаткування, що виділяє пил.
13	1	Види промислової вентиляції. Характеристика
	2	Уловлювання пилу на барабанній сушильній установці
14	1	Основи роботи рукавних фільтрів.
	2	Уловлювання пилу на установки із трубою-сушаркою
15	1	Теоретичні основи вловлювання пилу під дією гравітаційних сил
	2	Промислові електрофільтри. Призначення, схеми, робота
16	1	Пилообразування на ЗФ. Способи боротьби.
	2	Схеми вловлювання пилу на установки із трубою-сушаркою
17	1	Класифікація пилів.
	2	Зернисті фільтри. Призначення, схеми, робота
18	1	Вибухонебезпечність повітряних сумішей. Умови вибуху.
	2	Уловлювання пилу на барабанній сушильній установці
19	1	Розкрити поняття ПДК і ПДВ.
	2	Схеми вкриття встаткування, що виділяє рил, на ОФ.
20	1	Заходу щодо зниження концентрації пилу у виробничих приміщеннях
	2	Мокре пиловловлення. Фізико-хімічні основи
21	1	Способи пиловловлення. Характеристика.
	2	Типи промислових електрофільтрів. Призначення, схеми, робота
22	1	Рулонні фільтри. Схеми, робота
	2	Циклони. Призначення, схеми, робота
23	1	Основи роботи рукавних фільтрів.
	2	Відцентрові знепилювачі. Призначення, схеми, робота
24	1	Поняття знепилення, пиловловлення, рутсшамлювання.
	2	Пиловловлювачі із трубою Вентури. Призначення, схеми, робота
25	1	Швидкість витання часток пилу. Її роль при роботі осаджувальних знепилювачів.
	2	Відцентрові скрубери. Призначення, схеми, робота
26	1	Уловлювання пилу фільтруванням. Фізичні основи.
	2	Схеми повітряного знепилювача
27	1	Фільтрувальні тканини. Способи регенерації.
	2	Батарейні циклони. Призначення, схеми, робота
28	1	Вплив пилу й газів на безпеку й охорону праці
	2	Вібраційні знепилювачі. Призначення, схеми, робота
29	1	Теоретичні основи вловлювання пилу під дією сил ваги
	2	Промислові щаблі пиловловлення. Призначення, схеми, робота
30	1	Види промислової вентиляції. Характеристика
	2	Борботажні й пінні пиловловлювачі. Призначення, схеми, робота

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Г.Г. Чуянов, Зневоднювання, пиловловлення й охорона навколишнього середовища. М.: Надра. 1987.
2. К.Г. Руденко, М.М. Шемаханов. Зневоднювання й пиловловлення. М.: Надра. 1981.
3. К.Г. Руденко, А.В. Калмиків. Зневоднювання й пиловловлення при переробці корисних копалин. М.: Надра. 1988.
4. Папушин Ю.Л. Допоміжні процеси збагачення. Конспект лекцій. ДонНТУ. 2008. -71с.