

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Український державний університет  
науки і технологій**

---

Кафедра «Металургії чавуну і сталі»

*В авторській редакції*

**МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЗАОЩАДЖУЮЧИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ**

Навчально-методичні рекомендації  
до практичних занять

*Електронне видання*

ДНІПРО  
2024

Упорядники:

*В. С. Мамешин, Є. В. Синегін, С. В. Журавльова*

Електронне видання

Схвалено Групою забезпечення якості освітньої програми  
136.1.01 «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів»  
Протокол № 3 від 09.04.2024 р.

М 50 Менеджмент ресурсозаощаджуючих технологій та охорона довкілля : навчально-методичні рекомендації до практичних занять / упоряд. В. С. Мамешин, Є. В. Синегін, С. В. Журавльова ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро : УДУНТ, 2024. – 25 с.

В навчально-методичних рекомендаціях викладено методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Менеджмент ресурсозаощаджуючих технологій та охорона довкілля», наведено рекомендації до самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни, перелік питань для закріплення знань студентів та методичні вказівки для виконання практичних завдань.

Навчально-методичні рекомендації призначені для опанування освітньої компоненти «Менеджмент ресурсозаощаджуючих технологій та охорона довкілля» за спеціальністю 136 «Металургія» для ОПП «Технології та обладнання виробництва металів і сплавів» освітнього рівня бакалавр.

# 1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

## 1.1. Мета вивчення дисципліни

Здобути знання основ теорії та практики ресурсозаощаджуючих технологій та охорона довкілля у металургії, вміти застосувати здобуті знання при вивченні фахових дисциплін та дипломуванні.

## 1.2. Завдання вивчення дисципліни

Внаслідок вивчення дисципліни студенти повинні:

### **знати:**

- ресурси сировини для сталеплавильного виробництва;
- характеристику сировини, її способи одержання та питомі витрати;
- ресурсозаощаджуючі технології у сталеплавильному виробництві при виробництві сталі у кисневих конверторах та подових агрегатах;
- сучасні масштаби впливу діяльності людини на довкілля;
- джерела та види забруднень довкілля сталеплавильним виробництвом при виробництві сталі у кисневих конверторах та подових агрегатах;
- методи захисту та нормування якості складових частин довкілля при виробництві сталі.

### **вміти:**

- дати оцінку матеріальних витрат при виробництві сталі киснево-конверторним способом;
- дати оцінку матеріальних витрат при позаагрегатній обробці, розливання сталі у зливки та на машинах безперервної розливки заготовок (МБЛЗ);
- визначити ступінь забруднення складових частин довкілля (повітря, води та ґрунту);
- зробити вибір оптимальних газоочисних апаратів та систем газоочистки для конкретних умов сталеплавильного виробництва;
- визначити шляхи зниження забруднення довкілля при роботі апаратів сталеплавильного виробництва.

## 2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ, ТЕМИ ТА ЇХ ЗМІСТ

### 2.1. Робоча програма дисципліни

Розподіл навчальних годин

Види навчальної діяльності	8 семестр	
	8.1	8.2
Усього годин за навчальним планом	120	-
у тому числі: Аудиторні заняття	32	-
з них:		-
- лекції	24	
- лабораторні заняття	-	-
- практичні заняття	8	-
- семінари	-	-
Самостійна робота	88	-
Підсумковий контроль (екзамен, залік)	Диф.залік	-

### 2.2. Назви тем та їх зміст

2.2.1. Сучасні масштаби впливу діяльності людини на довкілля. Санітарно-технічні норми по вмісту шкідливих речовин у повітрі, воді та ґрунті.

Коротка характеристика сучасного рівня взаємодії природи та суспільства та основні джерела забруднення біосфери. Нормування шкідливих домішок у повітрі, воді та ґрунті, що діють в Україні.

2.2.2. Основні методи очистки стічних вод та осадків, методи поховання твердих відходів.

Класифікація стічних вод та основні методи їх очистки. Джерела виникнення твердих відходів та їх різновиди у сталеплавильному виробництві. Вимоги до переробки, зберігання та поховання твердих відходів.

2.2.3. Газоочисні апарати та їх класифікація.

Необхідність використання газоочисних апаратів у металургійному виробництві. Класифікація, улаштування та принципи роботи газоочисних апаратів.

2.2.4. Джерела, характеристика викидів та методи захисту довкілля при роботі подових агрегатів та кисневих конвертерів.

Джерела утворення та характеристика відхідних газів та пилу при роботі подових агрегатів та кисневих конвертерів. Системи очищення відхідних газів з подових агрегатів та кисневих конвертерів. Системи очищення газів з повним та частковим допаленням відхідних газів та системи без допалення, схеми їх роботи, основні переваги та недоліки.

2.2.5. Джерела, характеристика викидів та методи захисту довкілля при позаагрегатній обробці та розливці сталі.

Місця та джерела утворення неорганізованих викидів в атмосферу при позаагрегатній обробці та розливки сталі та методи боротьби з ними.

2.2.6. Сировина та відходи сталеплавильного виробництва, їх характеристика, способи одержання, питомі витрати.

Натуральні та штучні матеріали, що використовуються у якості сировини у сталеплавильному виробництві, їх характеристика, способи одержання, питомі витрати.

2.2.7. Ресурсозаощадження шляхом використання відходів виробництва. Екологічна та економічна оцінка використання відходів.

Основні види відходів сталеплавильного виробництва, їх характеристика, питомі витрати. Способи переробки або утилізації.

2.2.8. Поняття про безвихідність технологій. Ресурсозаощадження при виробництві сталі у кисневих конвертерах та подових агрегатах.

Безвідходні та маловідходні технології у металургійному виробництві. Методи ресурсозаощадження при виробництві сталі в кисневих конвертерах та подових агрегатах та їх вплив на собівартість сталі.

2.2.9. Ресурсозаощадження при позаагрегатній обробці та розливці сталі.

Методи ресурсозаощадження при позаагрегатній обробці та розливці сталі та їх вплив на собівартість сталі.

2.2.10. Використання відходів суміжних виробництв при виробництві сталі.

Основні види відходів суміжних виробництв, що можуть використовуватися при виробництві сталі, та способи їх застосування.

### 3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

#### 3.1. Загальні вказівки

Дисципліна «Менеджмент ресурсозаощаджувючих технологій та охорона довкілля» дає уявлення про процеси ресурсозаощадження та охорони довкілля у сталеплавильному виробництві при виробництві сталі у кисневих конверторах та подових агрегатах. Відомості і знання, отримані при вивченні дисципліни, направлені на формування інженерного уявлення про ці процеси і необхідні при вивченні дисциплін спеціалізації та дипломуванні.

Відповідно до програми студенти заочної форми навчання в період екзаменаційної сесії слухають оглядові лекції, виконують практичні роботи. Цьому періоду передуює самостійне вивчення дисципліни відповідно до наведеної програми та виконання індивідуального завдання.

Варіанти завдань наведені в таблиці реферату роботи має складати не менше 15 сторінок рукописного або 10 сторінок комп'ютерного тексту. Якщо індивідуальна робота виконується за допомогою ПЕОМ, текст має бути надруковано шрифтом Times New Roman 14 розміру з інтервалом 1,5, нумерація рисунків, наведених у роботі, має бути наскрізною.

Таблиця 3.1. Номер завдання, що виконується, повинен збігатися з останніми двома цифрами – шифром студента-заочника (номер залікової книжки).

Номери варіантів та теми рефератів наведені в таблиці. Варіант завдання відповідає двом останнім цифрам номера залікової книжки студента-заочника.

Обсяг реферату роботи має складати не менше 15 сторінок рукописного або 10 сторінок комп'ютерного тексту. Якщо індивідуальна робота виконується за допомогою ПЕОМ, текст має бути надруковано шрифтом Times New Roman 14 розміру з інтервалом 1,5, нумерація рисунків, наведених у роботі, має бути наскрізною.

Таблиця 3.1

Варіанти індивідуальних завдань та номери питань

№ теми реферату	№ варіанта	№ теми реферату	№ варіанта	№ теми реферату	№ варіанта
-----------------	------------	-----------------	------------	-----------------	------------

1	00,20,40,60,80	8	07,27,47,67,87	15	14,34,54,74,94
2	01,21,41,61,81	9	08,28,48,68,88	16	15,35,55,75,95
3	02,22,42,62,82	10	09,29,49,69,89	17	16,36,56,76,96
4	03,23,43,63,83	11	10,30,50,70,90	18	17,37,57,77,97
5	04,24, 44,64,84	12	11,31,51,71,91	19	18,38,58,78,98
6	05,25,45,65,85	13	12,32,52,72,92	20	19,39,59,79,99
7	06,26,46,66,86	14	13,33,53,73,93		

Виконане індивідуальне завдання містить титульну сторінку, зміст, саме завдання та перелік використаних літературних джерел із посиланням на них по тексту реферату.

Самостійно виконане завдання оформлюється в зошиті або на листах формату А4, направляється в академію для перевірки, а в період сесії захищається студентом на кафедрі.

### **3.2. Перелік питань для індивідуального завдання**

1. Сучасний вплив металургійної галузі на довкілля.
2. Санітарно-технічні норми по вмісту шкідливих речовин у повітрі, що діють в Україні, та методики їх розрахунків.
3. Санітарно-технічні норми по вмісту шкідливих речовин у воді, що діють в Україні, та методики їх розрахунків.
4. Санітарно-технічні норми по вмісту шкідливих речовин у ґрунті, що діють в Україні, та методики їх розрахунків.
5. Основна класифікація стічних вод та методи її очистки.
6. Види твердих відходів, що утворюються у сталеплавильному виробництві та вимоги до їх переробки та зберігання.
7. Принцип дії, конструкція та результати очистки при роботі апаратів «мокрої» газоочистки.
8. Принцип дії, конструкція та результати очистки при роботі електрофільтрів.
9. Принцип дії, конструкція та результати очистки при роботі апаратів «сухої» газоочистки.
10. Системи очищення відхідних газів з подових агрегатів.

11. Системи очищення відхідних газів з кисневих конвертерів.
12. Системи очищення газів з повним та частковим допаленням відхідних газів та системи без допалення, схеми їх роботи, основні переваги та недоліки.
13. Неорганізовані викиди в атмосферу при позаагрегатній обробці сталі та чавуну, методи боротьби з ними.
14. Неорганізовані викиди в атмосферу при розливці сталі та методи боротьби з ними.
15. Сировина та відходи сталеплавильного виробництва, їх характеристика, способи одержання, питомі витрати
16. Циркуляція та рециркуляція матеріалів у народному господарстві.
17. Безвідходні та маловідходні технології у металургійному виробництві.
18. Ресурсозаощадження у кисневих конвертерах та подових агрегатах. Екологічна та економічна оцінка використання відходів.
19. Ресурсозаощадження при позаагрегатній обробці та розливці сталі.
20. Використання відходів суміжних виробництв при виробництві сталі.

#### 4. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

##### Практична робота №1

##### **Розрахунок приземних концентрацій пилу від міксерного відділення, яке не обладнано системами аспірації технологічних викидів**

*Мета роботи:* оволодіти методами розрахунку приземних концентрацій шкідливих речовин, які поступають в атмосферу з викидами металургійних агрегатів.

*Завдання:* визначити приземні концентрації пилу від міксерного відділення конвертерного цеху з продуктивністю  $P$  млн т/рік на територію житлового району, розташованого на відстані  $S$ , м від міксерного відділення.

При коефіцієнті витрат чавуну  $k$ , т/т, за добу у міксерному відділенні проводять  $N_1$  операцій зливу чавуну з чавуновозних ковшів у міксери та  $N_2$  операцій зливу чавуну з міксерів. Тривалість кожної операції заливання чавуну у міксер  $\tau_1$  хв. та зливу його з міксера  $\tau_2$  хв.

Згідно з Державним стандартом при контролі якості повітря в населених пунктах тривалість відбору проб при визначенні разових концентрацій складає 20 хв.

Кількісні значення вихідних та інших даних для розрахунку наведені у таблиці 4.1.

1. Розрахунок середньої тривалості проведення операцій заливки та зливу чавуну з міксерів за 20-ти хвилинний інтервал протягом доби, хв.

$$\tau_3 = \frac{(N_1 \cdot \tau_1 + N_2 \cdot \tau_2)}{20} . \quad (4.1)$$

2. З розрахунку значення  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  та  $\tau_3$  приймається кількість заливання  $N_3$  та зливів  $N_4$  чавуну з міксерів за 20-ти хвилинний інтервал.

Таблиця 4.1

Вихідні дані для розрахунку приземних концентрацій пилю

№ з/п	Продуктивність печу, м <sup>3</sup> /т/рік, <i>P</i>	Коефіцієнт витрат чавуну, т/т, <i>k</i>	Кількість операцій за добу		Тривалість операцій, хв.		Висота мікрного відділення <i>H</i> , м	Ефективний діаметр гирла аераційного ліхтаря <i>D<sub>е</sub></i> , м	Швидкість виходу аераційної газопилювої суміші через ліхтар <i>W<sub>о</sub></i> , м/с	Питома кількість виділеного пилю, г/т		Температура, °С		Відстань мікрного відділення до житлового району <i>S</i> , м
			по зливанню чавуну з міскерів, <i>N<sub>2</sub></i>	по зливанню чавуну в міскери, <i>N<sub>1</sub></i>	зливання чавуну в міскер, <i>t<sub>1</sub></i>	зливання чавуну з міскера, <i>t<sub>2</sub></i>				аераційної газопилювої суміші, <i>T<sub>1</sub></i>	навоколишнього середовища, <i>T<sub>2</sub></i>	при зливанні чавуну в міскер, <i>q<sub>1</sub></i>	при зливанні чавуну з міскера, <i>q<sub>2</sub></i>	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3,6	0,6	66	75	3	4	35	4,0	1,57	24	36	30	16	1000
2	4,1	0,61	68	73	2	3	40	4,2	1,60	25	37	31	16	1100
3	6,0	0,62	70	80	4	5	45	5,1	1,80	26	38	34	18	1200
4	2,2	0,64	69	74	2	3	30	4,0	1,51	23	35	32	15	1300
5	3,2	0,65	70	75	2	3	35	4,1	1,70	24	36	32	14	1400
6	2,0	0,66	67	76	3	4	30	3,9	1,50	22	34	39	20	1500
7	6,1	0,67	77	88	4	5	45	5,2	2,50	26	38	41	21	1600
8	4,4	0,68	68	77	3	4	40	4,3	1,85	25	37	43	22	2000
9	3,5	0,69	71	76	2	3	35	4,0	1,55	24	36	35	13	2100
10	4,5	0,70	76	87	4	5	40	4,4	1,81	25	37	33	10	2200
11	8,4	0,71	75	86	5	6	45	5,5	2,60	26	38	39	15	2500
12	3,1	0,72	71	76	2	3	35	4,0	1,52	23	35	39	14	2600

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
13	3,8	0,73	69	78	3	4	35	4,2	1,66	24	36	42	16	2400
14	4,6	0,74	74	85	4	5	40	5,3	1,83	25	37	30	20	2800
15	2,5	0,75	72	77	2	3	30	3,8	1,52	23	35	33	22	3000
16	7,3	0,77	73	84	4	5	45	5,6	2,10	27	39	30	18	3500
17	11,3	0,78	99	114	5	6	45	6,2	2,75	28	40	30	17	4000
18	6,8	0,79	70	79	3	4	40	5,4	2,55	26	38	42	11	4100
19	7,2	0,8	71	82	5	6	40	5,5	2,61	27	39	40	12	4300
20	8,3	0,81	69	80	5	6	45	5,5	2,64	27	39	49	20	3600
21	5,5	0,82	100	110	4	5	40	4,9	2,31	26	38	51	21	2700
22	9,6	0,83	78	90	5	6	45	5,7	2,70	27	39	45	9	2300
23	3,0	0,84	73	78	2	3	35	3,9	1,59	23	35	46	8	3100
24	2,8	0,85	74	79	2	3	30	3,5	1,54	23	35	60	25	3300
25	11,0	0,86	104	120	5	6	45	6,1	2,73	28	40	89	12	5000

3. Розрахунок кількості чавуну, який пропускається через міксерне відділення, т/добу.

$$P_m = \frac{1,1 \cdot P \cdot k}{365}, \quad (4.2)$$

де 1,1 – коефіцієнт нерівномірності подання чавуну.

4. Розрахунок кількості викиду пилу в міксерному відділенні за 20-ти хвилинний інтервал

$$M = \frac{q_1 \cdot P_m \cdot \frac{N_3}{N_1} + q_2 \cdot P_m \cdot \frac{N_4}{N_2}}{20 \cdot 60}, \text{ г/с.} \quad (4.3)$$

5. Розрахунок приземних концентрацій пилу у житловому районі, мг/м<sup>3</sup>

$$C = \gamma \cdot \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \sqrt[3]{Q \cdot \Delta T}}, \quad (4.4)$$

де  $A$  – коефіцієнт, який характеризує умови розсіювання шкідливих речовин (для умов України  $A=160$ ), с<sup>2/3</sup> мг·град.<sup>1/3</sup>/год.;

$F$  – безрозмірний коефіцієнт, який ураховує швидкість осідання шкідливих речовин у атмосферному повітрі (для пилу  $F=2\div3$ );

$m, n$  – безрозмірні коефіцієнти, які ураховують умови виходу газопилової суміші з гирла джерела викиду;

$Q$  – об'єм газопилової суміші, яка виходить з джерел викидів, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta T$  – різниця між температурою аераційної газоповітряної суміші та температурою навколишнього повітря, °С;

$\gamma$  – безрозмірний коефіцієнт, який ураховує відстань  $S$  від джерела забруднень до розрахункової точки по відношенню до відстані від джерела до точки максимального забруднення  $S_{\max} = 20H$  (рис. 4.1);  $\gamma = f(S/S_{\max})$ .

5.1. Розрахунок об'єму газопилової суміші, яка виходить з джерела викидів

$$Q = \frac{\pi \cdot D_e^2}{4} \cdot W_o, \text{ м}^3/\text{с.} \quad (4.5)$$

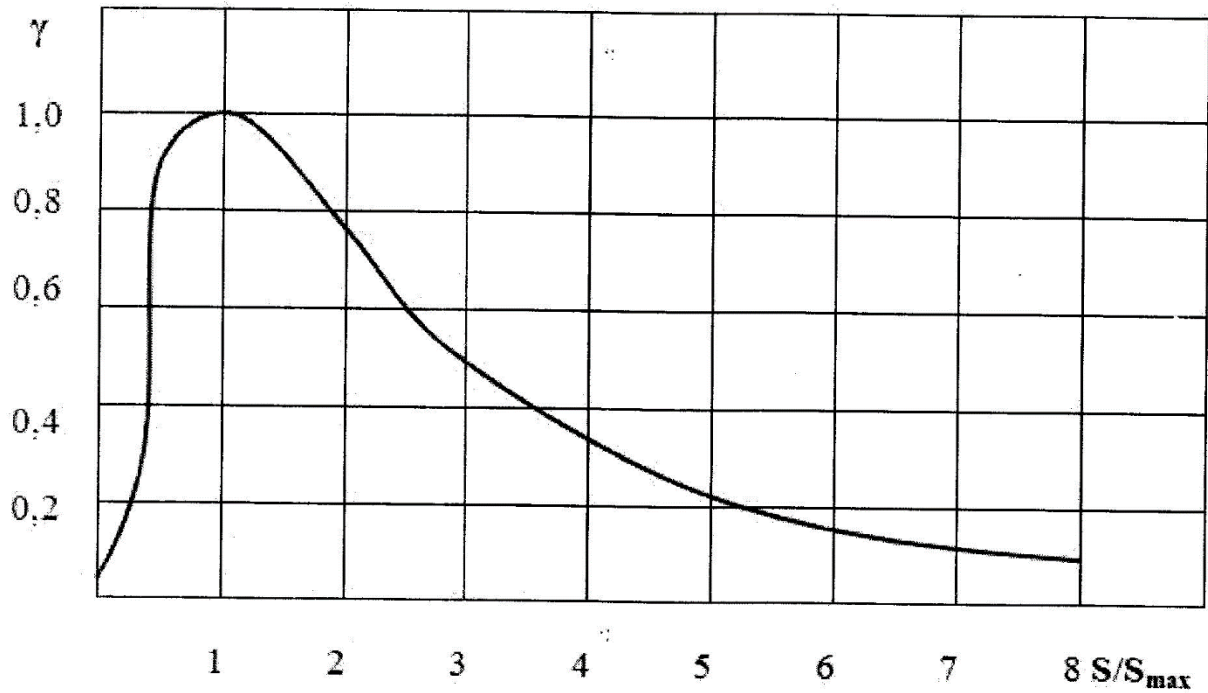


Рис. 4.1. Залежність безрозмірного коефіцієнта  $\gamma$  від величини  $S/S_{\max}$

### 5.2. Визначення безрозмірного коефіцієнта $m$

$$m = (0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f})^{-1}, \quad (4.6)$$

де параметр  $f$  визначається з формули

$$f = \frac{100 \cdot W_o^2 \cdot D_e}{H^2 \cdot \Delta T}. \quad (4.7)$$

### 5.3. Визначення безрозмірного коефіцієнта $n$ .

Коефіцієнт  $n$  визначається в залежності від небезпечної швидкості  $V_m$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot \Delta T}{H}}, \quad (4.8)$$

$$n = \begin{cases} 3; & V_m \leq 0,3; \\ 3 - \sqrt{(V_m - 0,3)(4,36 - V_m)}; & \text{при } 0,3 < V_m \leq 2; \\ 1; & V_m > 2. \end{cases}$$

## Практична робота № 2

### Розрахунок кількості газів і пилу, що утворюються при конвертерній плавці

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Вихідні дані для розрахунку

№ з/п	$V_{max.c}$	$M_c$	$\eta$	$n$	Вміст		$Q_{O_2}$	$q$	Fe <sub>заг.</sub>	$\tau$
					вуглецю, %					
					чавуну	сталі				
1	0,30	75	89,3	4	3,9	0,15	39	3,5	41	15
2	0,32	78	89,9	5	4,0	0,12	40	4,1	40	14
3	0,40	80	91,0	4	4,1	0,20	61	4,3	43	14
4	0,33	79	92,0	6	4,4	0,23	42	4,0	42	15
5	0,39	80	91,4	5	3,8	0,08	62	4,5	45	13
6	0,41	82	90,5	7	4,2	0,13	65	5,2	40	17
7	0,34	79	90,8	6	3,9	0,14	50	5,1	45	19
8	0,35	80	91,6	5	4,0	0,30	64	5,3	45	15
9	0,44	85	89,2	4	4,4	0,27	69	6,0	44	16
10	0,36	81	93,4	7	4,1	0,18	54	5,5	40	17
11	0,45	85	92,1	4	4,2	0,10	70	6,0	41	15
12	0,32	79	90,7	5	4,3	0,21	43	4,4	43	18
13	0,46	86	90,9	4	4,1	0,31	70	6,0	40	16
14	0,34	79	91,3	7	4,5	0,33	44	4,1	42	15
15	0,47	86	89,8	6	4,7	0,25	70	6,0	44	17
16	0,39	80	92,1	4	4,6	0,22	66	5,8	40	16
17	0,35	79	89,7	5	4,4	0,24	64	5,2	42	17
18	0,40	81	91,8	6	4,3	0,18	67	5,9	43	14
19	0,43	84	90,6	7	4,6	0,38	69	5,8	44	18
20	0,48	90	92,1	6	4,3	0,22	70	6,0	45	15
21	0,31	77	91,4	5	4,5	0,19	42	4,4	40	20
22	0,38	79	91,8	4	4,7	0,12	53	5,1	41	17

## 1. Розрахунок кількості газів

Максимальна кількість конвертерних газів, на яку розрахований газовий тракт, може бути визначена по максимальній швидкості зневуглецьовування

$$V_c = \frac{dc}{d\tau}, \text{ м}^3/\text{хв.}$$

$$V_{\text{max.г}} = 1,86 \cdot 10 V_{\text{max.с}} \cdot M_{\text{ч}}, \quad (4.9)$$

де **1,86** – коефіцієнт переходу від кількості вуглецю до об'єму вуглецевовмістних мас, тобто при окисленні 1 кг вуглецю виділяється **1,86** м<sup>3</sup> продуктів реакції;

$V_{\text{max}}$  – максимальна швидкість зневуглецьовування, % / хв.

$M_{\text{ч}}$  – кількість чавуну в шихті, %;

Кількість газів (м<sup>3</sup>), яка виділяється з конвертера, на 1 т сталі можна визначити з рівняння

$$V_{\text{г}} = 1,86 \cdot \frac{M_{\text{ч}}}{\eta} \cdot \Delta C, \quad (4.10)$$

де  $\eta$  – вихід придатного металу, %;

$\Delta C$  – кількість вуглецю, який окислився, %.

## 2. Розрахунок кількості пилу

Середню інтенсивність виносу пилу, який складається з оксидів заліза, можна визначити за формулою, кг/хв.

$$M_{\text{н.сеп.}} = \frac{M_{\text{Fe}} \cdot n \cdot 100}{Fe_{\text{заг}}}, \quad (4.11)$$

де  $M_{\text{Fe}}$  – середня інтенсивність виносу оксидів заліза з однієї реакційної зони (див. рис. 4.2), кг/хв.;

$Fe_{\text{заг}}$  – вміст заліза у конвертерному пилу на виході з горловини конвертера, %;

$n$  – кількість реакційних зон.

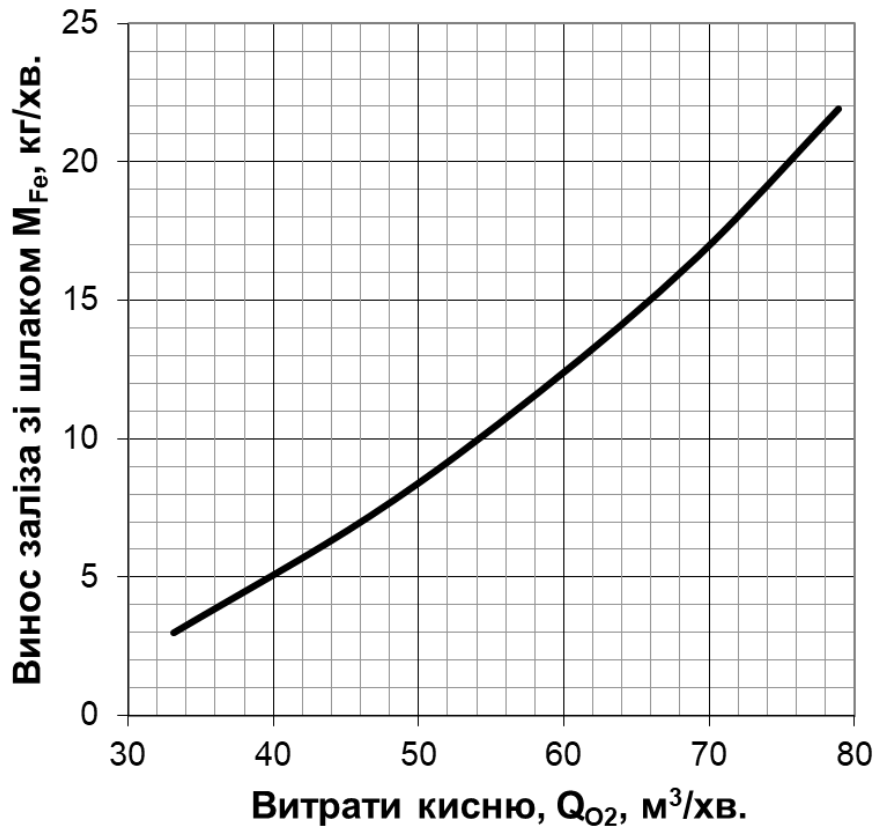


Рис. 4.2. Витрати кисню на одне сопло

Максимальний винос пилу, який враховує використання сипких шихтових матеріалів, дорівнює, кг/хв.

$$M_{\max.n} = K_1 \cdot M_{\text{п.сер.}}, \quad (4.12)$$

де  $K_1$  – емпіричний коефіцієнт, який залежить від питомої інтенсивності продувки  $q$  (рис. 4.3).

Сумарний винос пилу за плавку складає, кг

$$M_{\Sigma n} = K_2 \cdot M_{\text{п.сер.}} \cdot \tau, \quad (4.13)$$

де  $K_2$  – емпіричний коефіцієнт, який залежить від питомої інтенсивності продувки  $q$  (рис. 4.4);

$\tau$  – тривалість продувки, хв.

### 3. Визначення запиленості конвертерних газів

Середня запиленість конвертерних газів буде дорівнювати, г/м<sup>3</sup>

$$Q_{\text{н.сер.}} = \frac{M_{\max.n}}{V_{\max.r}}, \quad (4.14)$$

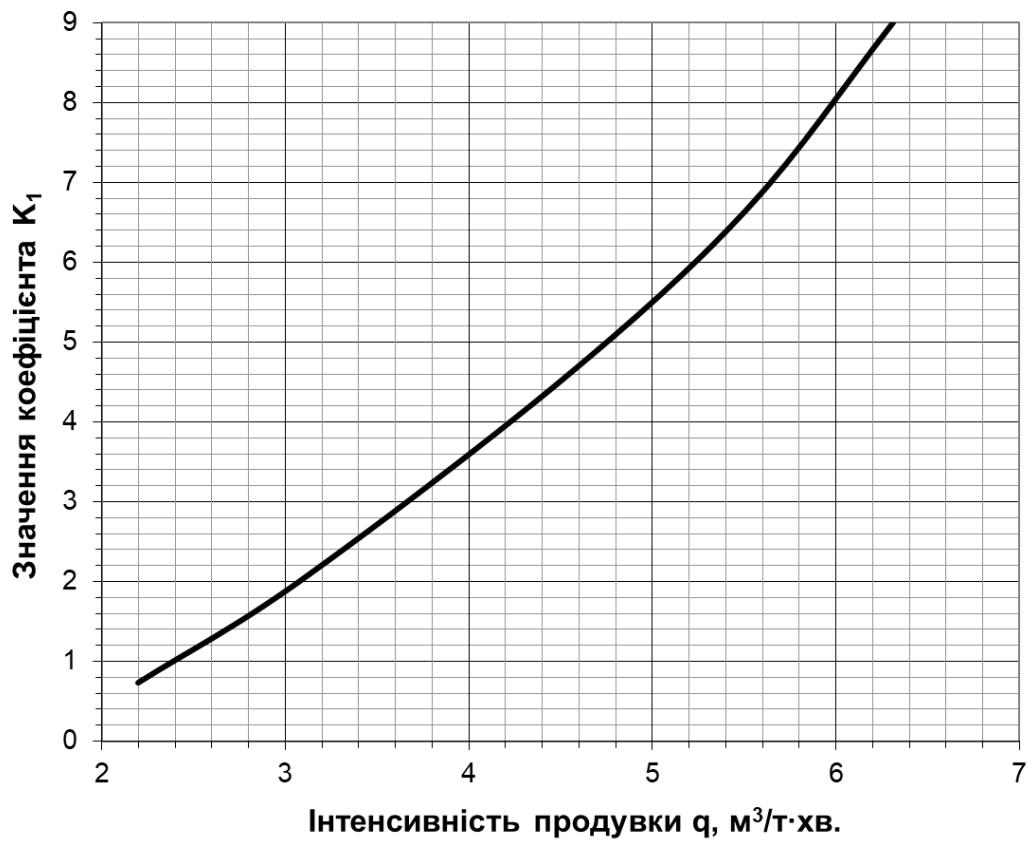


Рис. 4.3. Змінення коефіцієнта  $K_1$  від інтенсивності продувки  $q$

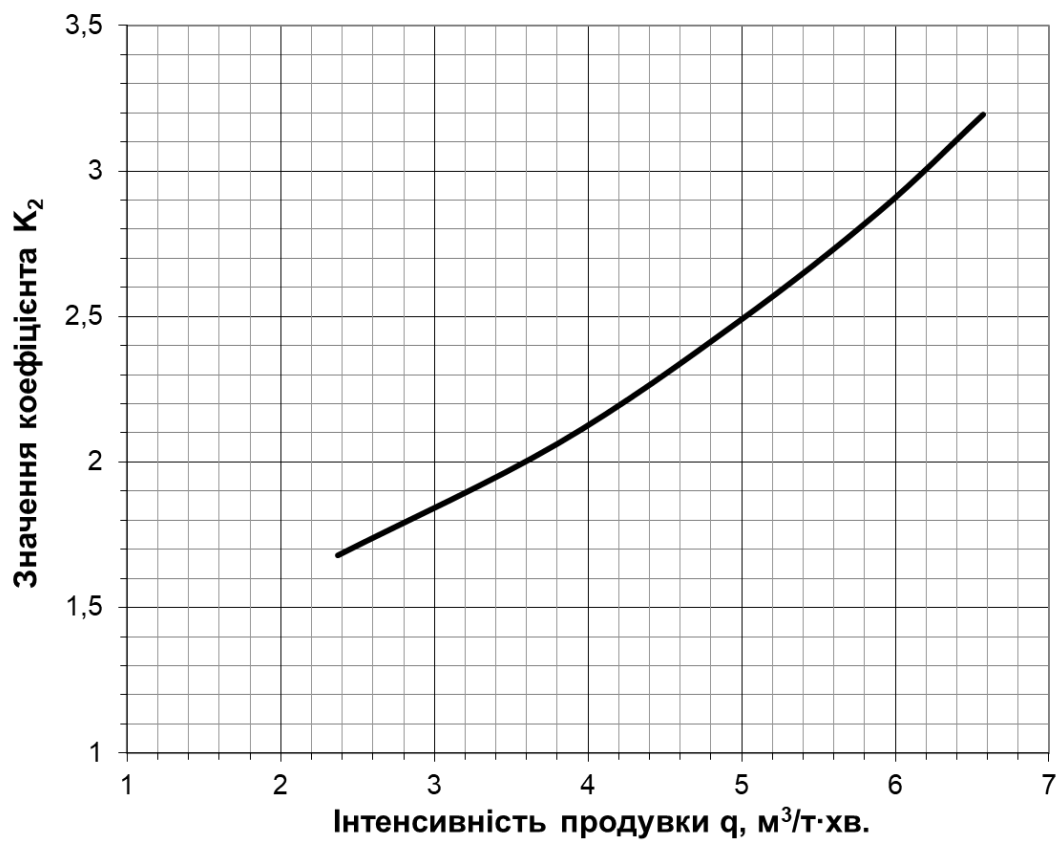


Рис. 4.4. Змінення коефіцієнта  $K_2$  від інтенсивності продувки  $q$

## Практична робота №3

### Аналіз впливу технологічних параметрів киснево-конверторної плавки на матеріалоемність процесу та навколишнє середовище

*Мета роботи:* визначити основні технологічні чинники, що впливають на матеріало- та енергоемність сталі, виплавленої в кисневому конвертері, а також на навколишнє середовище.

#### Загальні положення

Забруднення міст та регіонів, де зосереджене металургійне виробництво, складає велику проблему. Значна концентрація джерел виділення шкідливих речовин у металургійних центрах приводить до значного локального забруднення у радіусі 30÷50 км від кожного джерела, таким чином, металургійні підприємства у значній мірі визначають забруднення цих регіонів.

У структурах підприємств України з повним металургійним циклом значну частину займає сталеплавильне виробництво, представлене мартенівськими та двованними печами, кисневими конвертерами. У загальному багажі забруднення навколишнього середовища від основних цехів металургійного підприємства частка сталеплавильних цехів дорівнює 15÷20 %. Основними джерелами забруднення навколишнього середовища при конвертерному виробництві сталі є забруднення повітря димовими газами та пилом, забруднення стічних вод та тверді відходи, що потребують переробки або поховання.

Основними шляхами захисту навколишнього середовища від дій сталеплавильних агрегатів є:

- удосконалення технології виробництва;
- розробка оптимальних систем очищення відхідних газів та стічних вод, поховання твердих відходів;
- більш повна утилізація утворюваних відходів.

#### Методика проведення роботи

Роботу виконують у програмі «Конв мод для петровки». Для проведення розрахунку використовують хімічний склад і температуру рідкого чавуну і готової сталі відповідно до варіанта, наведеного в таблиці 4.3. Решту параметрів плавки, як кількість міксерного шлаку  $a$  і ступінь  $\alpha$  допалювання CO до CO<sub>2</sub>, приймаємо сталими величинами, які дорівнюють відповідно  $a=1$ ;  $\alpha=0,10$ . Моделювання проводять таким чином, щоб вийти на задані температуру ( $\pm 1^\circ\text{C}$ ) і вміст вуглецю в сталі (див. табл. 4.3), а також основність шлаку  $B=3 \pm 0,05$ .

Після проведення розрахунку для кожного з трьох варіантів технології студент фіксує показники плавки, що мають найбільший вплив на енергоємність сталі (питомі витрати чавуну, металобрухту, вапна та кисню та вихід придатного металу) та шкідливий вплив на навколишнє середовище (маса шлаку, об'єм димових газів та питома витрата футеровки).

За результатами розрахунку студент повинен визначити найкращу з погляду енергозаощадження та охорони навколишнього середовища технологію, виконавши феноменологічний аналіз причин та визначивши фактори, що зумовили зменшення енергоємності та утворення шкідливих для довкілля речовин.

Таблиця 4.3

## Вихідні дані для розрахунку

№ з/п	Склад чавуну, %					Склад готової сталі, %					Температура	
	C	Si	Mn	P	S	C	Si	Mn	P	S	чавуну	сталі
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	4,32	0,83	1,00	0,17	0,05	0,38÷0,46	0,20÷0,30	0,58÷0,78	0,04	0,04	1350	1595
	4,55	0,81	1,02	0,18	0,06	0,12÷0,19	0,17÷0,27	0,37÷0,67	0,05	0,05	1370	1620
	4,60	0,90	1,02	0,19	0,05	0,22÷0,30	0,16÷0,26	0,35÷0,55	0,05	0,05	1380	1600
2	4,65	0,94	0,95	0,16	0,06	0,08÷0,16	сліди	0,33÷0,53	0,05	0,04	1335	1630
	4,60	0,88	0,60	0,13	0,04	0,48÷0,53	0,18÷0,28	0,60÷0,80	0,05	0,04	1350	1590
	4,70	0,83	0,73	0,12	0,05	0,25÷0,33	0,20÷0,30	0,60÷0,80	0,04	0,04	1330	1600
3	4,45	0,88	1,15	0,17	0,045	0,15÷0,23	0,19÷0,29	0,44÷0,64	0,04	0,05	1380	1620
	4,55	0,77	0,85	0,12	0,06	0,25÷0,33	0,23÷0,33	0,40÷0,60	0,04	0,04	1340	1610
	4,30	0,80	0,69	0,18	0,06	0,08÷0,16	сліди	0,35÷0,55	0,04	0,05	1370	1620
4	4,60	0,73	0,98	0,18	0,05	0,13÷0,21	0,18÷0,28	0,40÷0,60	0,05	0,05	1360	1620
	4,45	0,75	1,15	0,12	0,045	0,15÷0,23	0,25÷0,35	0,45÷0,65	0,04	0,04	1325	1600
	4,40	0,91	0,92	0,20	0,04	0,10÷0,18	0,15÷0,25	0,40÷0,60	0,05	0,05	1380	1625
5	4,25	0,82	1,08	0,15	0,045	0,30÷0,38	0,18÷0,28	0,48÷0,68	0,045	0,04	1340	1590
	4,38	0,84	1,08	0,13	0,05	0,40÷0,48	0,18÷0,28	0,65÷0,85	0,045	0,04	1370	1590
	4,50	0,95	0,85	0,16	0,04	0,06÷0,14	сліди	0,30÷0,50	0,05	0,05	1330	1620
6	4,40	0,85	1,13	0,20	0,05	0,14÷0,22	0,16÷0,26	0,36÷0,56	0,05	0,04	1390	1620
	4,60	0,69	0,65	0,16	0,06	0,48÷0,53	0,25÷0,35	0,60÷0,80	0,045	0,04	1380	1580
	4,20	1,00	1,00	0,20	0,05	0,30÷0,38	0,25÷0,35	0,50÷0,70	0,045	0,04	1350	1600
7	4,70	0,91	0,98	0,20	0,040	0,08÷0,16	сліди	0,30÷0,50	0,05	0,04	1320	1620
	4,40	0,93	1,12	0,14	0,05	0,22÷0,30	0,16÷0,26	0,45÷0,65	0,05	0,04	1350	1600
	4,50	0,85	0,67	0,11	0,06	0,42÷0,50	0,18÷0,26	0,58÷0,78	0,05	0,04	1360	1590
8	4,35	0,80	1,05	0,19	0,05	0,20÷0,28	0,14÷0,24	0,46÷0,66	0,04	0,04	1370	1600
	4,42	0,86	1,05	0,19	0,055	0,21÷0,29	0,17÷0,27	0,40÷0,60	0,045	0,045	1380	1600
	4,50	0,67	1,10	0,14	0,05	0,30÷0,36	0,16÷0,26	0,45÷0,65	0,04	0,04	1400	1600
9	4,29	0,78	1,13	0,18	0,05	0,10÷0,18	0,18÷0,28	0,40÷0,60	0,05	0,05	1380	1620
	4,55	0,70	0,80	0,16	0,05	0,16÷0,24	0,18÷0,28	0,55÷0,75	0,04	0,04	1390	1600

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	4,22	0,70	0,70	0,18	0,05	0,14÷0,22	0,17÷0,27	0,40÷0,60	0,05	0,05	1370	1600
10	4,70	0,83	0,73	0,12	0,05	0,25÷0,33	0,20÷0,30	0,60÷0,80	0,04	0,04	1380	1590
	4,62	0,97	0,97	0,13	0,04	0,36÷0,44	0,23÷0,33	0,60÷0,84	0,04	0,04	1370	1590
11	4,40	0,80	1,06	0,12	0,06	0,22÷0,30	0,25÷0,35	0,60÷0,80	0,044	0,04	1350	1590
	4,25	0,35	1,08	0,15	0,045	0,30÷0,38	0,18÷0,28	0,48÷0,68	0,045	0,04	1300	1590
	4,38	0,45	1,08	0,13	0,05	0,40÷0,48	0,18÷0,28	0,65÷0,85	0,045	0,04	1350	1590
	4,50	0,50	0,85	0,16	0,04	0,06÷0,14	сліди	0,30÷0,50	0,05	0,05	1360	1625
12	4,40	0,30	1,13	0,20	0,05	0,14÷0,22	0,16÷0,26	0,36÷0,56	0,05	0,04	1370	1610
	4,60	0,40	0,65	0,16	0,06	0,48÷0,53	0,25÷0,35	0,60÷0,80	0,045	0,04	1250	1580
13	4,20	0,55	1,00	0,20	0,05	0,30÷0,38	0,25÷0,35	0,50÷0,70	0,045	0,04	1300	1590
	4,70	0,32	0,98	0,2	0,04	0,08÷0,16	сліди	0,30÷0,50	0,05	0,04	1350	1625
14	4,40	0,39	1,12	0,14	0,05	0,22÷0,30	0,16÷0,26	0,45÷0,65	0,05	0,04	1360	1600
	4,50	0,52	0,67	0,11	0,06	0,42÷0,50	0,18÷0,26	0,58÷0,78	0,05	0,04	1250	1590
15	4,35	0,44	1,05	0,19	0,05	0,20÷0,28	0,14÷0,24	0,46÷0,66	0,04	0,04	1300	1600
	4,42	0,38	1,05	0,19	0,055	0,21÷0,29	0,17÷0,27	0,40÷0,60	0,045	0,045	1350	1600
16	4,50	0,50	1,10	0,19	0,05	0,30÷0,36	0,16÷0,26	0,45÷0,65	0,04	0,04	1370	1600
	4,29	0,41	1,13	0,18	0,05	0,10÷0,18	0,18÷0,28	0,40÷0,60	0,05	0,05	1380	1620
17	4,55	0,30	0,80	0,16	0,05	0,16÷0,24	0,18÷0,28	0,55÷0,75	0,04	0,04	1360	1610
	4,22	0,55	0,70	0,18	0,05	0,14÷0,22	0,17÷0,27	0,40÷0,60	0,05	0,05	1370	1610
18	4,70	0,34	0,73	0,12	0,05	0,25÷0,33	0,20÷0,30	0,60÷0,80	0,04	0,04	1350	1600
	4,62	0,45	0,97	0,13	0,04	0,36÷0,44	0,23÷0,33	0,60÷0,84	0,04	0,04	1300	1595
19	4,60	0,50	1,06	0,12	0,06	0,22÷0,30	0,25÷0,35	0,60÷0,80	0,044	0,035	1380	1600
	4,32	0,52	1,0	0,17	0,05	0,38÷0,46	0,20÷0,30	0,58÷0,78	0,04	0,04	1340	1590
20	4,55	0,39	1,02	0,18	0,06	0,12÷0,19	0,17÷0,27	0,37÷0,67	0,05	0,05	1330	1610
	4,60	0,30	1,02	0,19	0,05	0,22÷0,30	0,16÷0,26	0,35÷0,55	0,05	0,05	1280	1600
21	4,65	0,56	0,95	0,16	0,06	0,08÷0,16	сліди	0,33÷0,53	0,05	0,04	1340	1630
	4,60	0,37	0,88	0,13	0,04	0,48÷0,53	0,18÷0,28	0,60÷0,80	0,05	0,04	1370	1590
22	4,70	0,45	0,73	0,12	0,07	0,25÷0,33	0,20÷0,30	0,60÷0,80	0,04	0,04	1250	1600
	4,45	0,51	1,15	0,17	0,065	0,15÷0,23	0,19÷0,29	0,44÷0,64	0,04	0,05	1340	1610
23	4,55	0,33	0,85	0,12	0,06	0,25÷0,33	0,23÷0,33	0,40÷0,60	0,04	0,015	1370	1600
	4,30	0,40	0,69	0,18	0,045	0,08÷0,16	сліди	0,35÷0,55	0,04	0,05	1340	1625

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	4,60 4,45 4,40	0,35 0,48 0,57	0,98 1,15 0,92	0,18 0,12 0,20	0,05 0,045 0,04	0,13÷0,21 0,15÷0,23 0,10÷0,18	0,18÷0,28 0,23÷0,35 0,15÷0,25	0,40÷0,60 0,45÷0,65 0,40÷0,60	0,05 0,04 0,05	0,05 0,04 0,05	1280 1300 1350	1600 1610 1620
21	4,50 4,60 4,20	0,30 0,40 0,55	1,13 0,65 1,00	0,20 0,16 0,20	0,05 0,06 0,05	0,14÷0,22 0,48÷0,53 0,30÷0,38	0,16÷0,26 0,25÷0,35 0,25÷0,35	0,36÷0,56 0,60÷0,80 0,50÷0,70	0,04 0,045 0,05	0,035 0,04 0,05	1360 1380 1250	1610 1595 1600
22	4,32 4,55 4,60	0,83 0,81 0,90	1,00 1,02 1,02	0,17 0,18 0,19	0,05 0,06 0,05	0,38÷0,46 0,12÷0,19 0,22÷0,30	0,20÷0,30 0,17÷0,27 0,16÷0,26	0,58÷0,78 0,37÷0,67 0,35÷0,55	0,04 0,05 0,05	0,04 0,035 0,05	1350 1380 1250	1600 1620 1610
23	4,45 4,60 4,44	0,94 0,85 0,39	0,95 0,60 1,12	0,16 0,13 0,14	0,06 0,04 0,05	0,09÷0,17 0,48÷0,53 0,22÷0,30	сліди 0,18÷0,28 0,16÷0,26	0,33÷0,53 0,65÷0,80 0,40÷0,50	0,05 0,05 0,04	0,04 0,05 0,035	1340 1330 1350	1625 1590 1610
24	4,70 4,50 4,65	0,32 0,52 0,94	0,98 0,67 1,02	0,20 0,11 0,16	0,04 0,06 0,05	0,08÷0,16 0,42÷0,50 0,14÷0,19	сліди 0,18÷0,26 0,17÷0,27	0,30÷0,50 0,58÷0,78 0,37÷0,60	0,05 0,04 0,05	0,04 0,05 0,05	1370 1280 1300	1630 1590 1610
25	4,50 4,35 4,42	0,50 0,44 0,38	1,10 1,05 1,05	0,14 0,19 0,19	0,05 0,05 0,055	0,30÷0,36 0,20÷0,28 0,21÷0,29	0,16÷0,26 0,14÷0,24 0,17÷0,27	0,45÷0,65 0,25÷0,45 0,40÷0,60	0,04 0,05 0,045	0,035 0,04 0,045	1360 1340 1350	1600 1610 1600
26	4,30 4,45 4,55	0,80 0,88 0,77	0,69 1,15 0,85	0,18 0,17 0,12	0,06 0,045 0,06	0,08÷0,16 0,15÷0,23 0,25÷0,33	сліди 0,19÷0,29 0,23÷0,33	0,35÷0,55 0,44÷0,64 0,40÷0,60	0,04 0,05 0,04	0,05 0,04 0,05	1320 1310 1300	1630 1610 1600
27	4,55 4,22 4,29	0,30 0,55 0,41	0,80 0,70 1,13	0,16 0,18 0,18	0,05 0,06 0,05	0,16÷0,24 0,14÷0,22 0,10÷0,18	0,18÷0,28 0,17÷0,27 0,18÷0,28	0,55÷0,75 0,40÷0,60 0,45÷0,55	0,04 0,04 0,05	0,04 0,035 0,04	1350 1360 1370	1600 1610 1620
28	4,40 4,60 4,45	0,91 0,73 0,75	0,92 0,98 1,15	0,20 0,18 0,12	0,04 0,05 0,06	0,10÷0,18 0,13÷0,21 0,15÷0,23	0,15÷0,25 0,18÷0,28 0,25÷0,35	0,40÷0,60 0,45÷0,55 0,35÷0,50	0,05 0,045 0,04	0,05 0,035 0,035	1250 1300 1380	1620 1620 1620
29	4,40 4,70 4,62	0,50 0,34 0,46	1,06 0,73 0,97	0,12 0,12 0,13	0,06 0,05 0,04	0,22÷0,30 0,25÷0,33 0,36÷0,44	0,44÷0,54 0,20÷0,30 0,23÷0,33	0,60÷0,80 0,55÷0,75 0,35÷0,50	0,045 0,04 0,04	0,04 0,035 0,035	1340 1350 1360	1610 1600 1595

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
30	4,38 4,50 4,25	0,84 0,95 0,82	1,08 0,85 1,08	0,13 0,16 0,15	0,06 0,04 0,05	0,40÷0,48 0,06÷0,14 0,30÷0,38	0,18÷0,28 сліди 0,18÷0,28	0,65÷0,85 0,30÷0,50 0,48÷0,68	0,045 0,05 0,045	0,04 0,05 0,035	1400 1370 1260	1595 1630 1600
31	4,55 4,45 4,40	0,81 0,75 0,93	1,02 1,15 1,12	0,18 0,12 0,14	0,06 0,045 0,05	0,12÷0,19 0,15÷0,23 0,22÷0,30	0,17÷0,27 0,25÷0,35 0,16÷0,26	0,37÷0,67 0,45÷0,65 0,58÷0,78	0,05 0,04 0,05	0,05 0,04 0,04	1370 1325 1360	1625 1615 1600
32	4,42 4,29 4,38	0,86 0,78 0,45	1,05 1,13 1,08	0,19 0,18 0,13	0,055 0,05 0,05	0,21÷0,29 0,10÷0,18 0,40÷0,48	0,17÷0,27 0,18÷0,28 0,35÷0,54	0,40÷0,60 0,40÷0,65 0,65÷0,75	0,045 0,05 0,045	0,045 0,05 0,04	1380 1250 1350	1610 1600 1595
33	4,50 4,70 4,35	0,30 0,32 0,44	1,13 0,98 1,05	0,20 0,20 0,19	0,05 0,04 0,05	0,14÷0,22 0,08÷0,16 0,20÷0,28	0,16÷0,26 сліди 0,14÷0,24	0,36÷0,56 0,30÷0,50 0,46÷0,64	0,05 0,05 0,04	0,04 0,04 0,04	1320 1300 1320	1615 1630 1610
34	4,60 4,10 4,45	0,50 0,33 0,48	1,20 0,85 1,15	0,11 0,12 0,18	0,04 0,06 0,045	0,22÷0,30 0,25÷0,33 0,15÷0,23	0,20÷0,30 0,23÷0,33 0,18÷0,28	0,35÷0,55 0,40÷0,60 0,35÷0,55	0,05 0,04 0,04	0,05 0,035 0,04	1280 1370 1300	1620 1620 1615
35	4,20 4,44 4,65	0,55 0,39 0,80	1,00 1,12 0,69	0,20 0,14 0,18	0,05 0,05 0,06	0,30÷0,38 0,22÷0,30 0,08÷0,16	0,25÷0,35 0,16÷0,26 сліди	0,50÷0,70 0,40÷0,50 0,45÷0,65	0,05 0,04 0,04	0,05 0,035 0,05	1250 1350 1320	1600 1630 1610
36	4,70 4,62 4,40	0,34 0,45 0,50	0,73 0,97 1,06	0,12 0,13 0,12	0,05 0,04 0,06	0,25÷0,33 0,36÷0,44 0,22÷0,30	0,20÷0,30 0,23÷0,33 0,25÷0,35	0,60÷0,80 0,66÷0,76 0,60÷0,65	0,04 0,04 0,045	0,04 0,05 0,035	1350 1300 1380	1620 1600 1620

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження нормативів граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел : Наказ М-ва охорони навколиш. природ. середовища України від 27.06.2006 № 309. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0912-06#Text> (дата звернення: 15.03.2024).
2. Клименко М. О., Залеський І. І. Техноекоекологія : навч. посіб. Київ : Академія, 2011. 256 с.
3. Мальований М. С., Боголюбов В. М., Шаніна Т. П. Техноекоекологія : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. 616 с.
4. Сухарєв С. М., Чундак С. Ю., Сухарєва О. Ю. Техноекоекологія та охорона навколишнього середовища : навч. посіб. Львів : Новий Світ-2000, 2004. 256 с.
5. Зубик С. В. Техноекоекологія. Джерела забруднення і захист навколишнього середовища : навч. посіб. Львів : Оріяна-Нова, 2007. 400 с.
6. Моніторинг довкілля : підручник / В. М. Боголюбов та ін. ; за ред. проф. В. М. Боголюбова. 2-ге вид., перероб. та допов. Київ : НУБіПУ, 2018. 435 с.
7. Chen L.-C., Maciejczyk P., D. Thurston G. Metals and air pollution. *Handbook on the Toxicology of Metals*. 2022. P. 137–182. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-823292-7.00004-8> (date of access: 15.03.2024).
8. Чуванов О. П., Бойченко Б. М. Захист навколишнього середовища та рециркуляція матеріалів при виробництві сталі : навч. посіб. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2004. 109 с.
9. Орфанова М. М. Утилізація та рекуперація відходів : конспект лекцій. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2004. 140 с.

## ЗМІСТ

1. МЕТА І ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛИ.....	3
2. РОБОЧА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ, ТЕМИ ТА ЇХ ЗМІСТ.....	4
3. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ТА ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ.....	6
4. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ.....	8
ЛІТЕРАТУРА .....	24

Навчально-методичне видання

**Мамешин Валерій Сергійович,  
Синегін Євген Володимирович,  
Журавльова Світлана Валеріївна**

**МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЗАОЩАДЖУЮЧИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ**

Навчально-методичні рекомендації до практичних занять

Електронне видання

Експертний висновок склав канд. техн. наук, доц. Олександр Стоянов

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 770 від 31.10.2024)

В авторській редакції

Комп'ютерна верстка Є. В. Синегін

Формат 60x84<sub>1/16</sub>. Ум. друк. арк. 1,41. Обл.-вид. арк. 0,51.  
Зам. № 91

Видавець: Український державний університет науки і технологій.  
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010