

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторних робіт  
з курсу „Техноекологія та техногенна безпека”

**Київ  
НТУУ “КПІ”  
2004**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт  
з курсу „Техноекологія та техногенна безпека”  
для студентів спеціальності 7.07.0801  
“Екологія та охорона навколишнього середовища”

Київ  
НТУУ “КПІ”  
2004

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу “Техноекологія та техногенна безпека” для студентів спеціальності “Екологія та охорона навколишнього середовища”. / Укл. М.Д. Гомеля, Л.В. Сіренко, Т. О. Шаблій – К.: „Кажан”, 2004. – 58 с.

Укладачі: М. Д. Гомеля,  
Л. В. Сіренко,  
Т. О. Шаблій

Рецензент: М. В. Шабанов, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний редактор: В. М. Радовенчик, канд. техн. наук, доц.

Техноекологія та техногенна безпека – це галузь науково-практичної діяльності, спрямованої на вивчення загальних закономірностей взаємодії людства з навколишнім середовищем, трансформації довкілля під впливом антропогенної діяльності, наслідків впливу змін довкілля на організм людини, на здоров'я та життя людей. Крім того, дана науково-практична діяльність спрямована на розробку достовірних оцінок стану довкілля, на розробку організаційних заходів та технічних засобів захисту навколишнього середовища від шкідливого впливу виробничої діяльності людей.

Нормативна професійно орієнтована дисципліна „Техноекологія та техногенна безпека” – це інтегрована дисципліна організаційно-технічного спрямування, яка узагальнює дані відповідної науково-практичної діяльності, формує поняттєво-категорійний, теоретичний та методологічний апарат, необхідний для вивчення у подальшому ряду дисциплін з охорони навколишнього середовища.

Метою вивчення даної дисципліни є формування у студентів комплексу знань, умінь, навиків, необхідних для кваліфікованого управління природоохоронною діяльністю на рівні промислових підприємств, установ, організацій, на рівні підрозділів Мінекобезпеки України. Крім того, дана дисципліна формує у студентів знання про підходи до нормування антропогенного навантаження на довкілля, по забезпеченню екологічної безпеки виробництв. Студенти при вивченні даної дисципліни набувають навиків розробки проектів ГДС та ГДВ, підготовці природоохоронної документації.

У ході виконання лабораторних робіт по даній дисципліні студенти набувають навиків по визначення впливу виробництв на довкілля, по забезпеченню екологічної безпеки виробництв та охороні природи та здоров'я людей від виробничої діяльності. При проведенні лабораторних робіт студенти навчаються користуватися нормативною та методичною документацією, юридичними документами, технічною документацією при

оцінці шкідливого впливу підприємств на довкілля, розраховувати рівні ГДВ та ГДС для різних джерел викидів та скидів.

## ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ЩО МІСТЯТЬСЯ В ВИКИДАХ В АТМОСФЕРУ

**Мета роботи:** навчитися визначати кількість забруднень в викидах в атмосферу на основі аналізу газового складу викидів у повітря.

### Стислі теоретичні відомості

Відомо, що в більшості випадків газові суміші, які скидаються в атмосферу мають температуру, яка відрізняється від кімнатної (20 °С), або від нормальних умов, при яких приведені всі дані в довідниках по концентраціях тих чи інших речовин. Тому при визначенні концентрацій забруднень в газових сумішах необхідно враховувати зміну об'єму із зміною температури.

Відомо, що для ізобарних процесів, згідно закону Гей-Люссака, відношення об'ємів газів при різних температурах і сталому тиску буде рівним відношенню цих значень температур:

$$W/W_1 = T/T_1 \quad \text{або} \quad W = \frac{W_1 \cdot T}{T_1} \quad (1)$$

де  $W$  – об'єм газу при температурі  $T$ ,

$W_1$  – об'єм газу при температурі  $T_1$ .

Крім того, при визначенні кількості забруднень, які викидаються із газовим потоком (потужності викидів) слід враховувати витрату газової суміші  $V$ , м<sup>3</sup>/с.

Потужність викиду можна розрахувати за формулою:

$$M=V \cdot q \quad (2)$$

де  $V$  – витрата газової суміші,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$Q$  – концентрація шкідливої речовини в суміші,  $\text{г}/\text{м}^3$ .

### Рекомендації щодо виконання роботи

При виконанні роботи студенти отримують індивідуальні завдання, взяті із табл. 1. В роботі можна використовувати дані, отримані при безпосередньому визначенні концентрації забруднень в реальних викидах або модельних сумішах.

На першому етапі роботи необхідно визначити витрату газоповітряної суміші при температурі викиду ( $T_B$ ), вказаній в табл. 1. Витрату визначають по формулі:

$$V_{T_B} = w_0 \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3)$$

де  $w_0$  – швидкість руху газової суміші,  $\text{м}/\text{с}$ ,

$D$  – діаметр устя джерела викиду.

Після цього визначають витрату газів при  $20^\circ\text{C}$ , з урахуванням температурної зміни об'єму газу:

$$M_{20} = \frac{273}{273 + (T_B - 20)} V_{T_B}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

Знаючи витрату газової суміші при  $20^\circ\text{C}$  та концентрації домішок при  $20^\circ\text{C}$  визначають потужність викиду по кожному компоненту по формулі:

$$M = V_{20} \cdot q_{20}, \text{ г}/\text{с} \quad (5)$$

Таблиця 1. Вихідні дані для визначення потужності викидів.

№ п/п	Температура викиду, °С	Швидкість руху газів $w_0$ , м/с	Діаметр устя, м	Концентрація забруднення при 20 °С, г/м <sup>3</sup>		
				CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	пил
1	250	20	0.50	0.30	1.20	0.045
2	200	20	0.30	0.40	1.25	0.034
3	175	15	0.40	0.50	1.34	0.021
4	220	12	0.30	0.20	1.18	0.011
5	310	18	0.75	0.15	0.95	0.012
6	280	22	0.80	0.25	1.79	0.017
7	290	23	0.70	0.27	1.78	0.018
8	330	19	0.70	0.26	1.63	0.019
9	315	14	0.50	0.29	1.54	0.068
10	195	12	0.55	0.11	1.29	0.075
11	280	16	0.60	0.12	1.99	0.089
12	265	17	0.70	0.15	2.01	0.093
13	270	21	0.80	0.18	4.31	0.039
14	255	23	0.90	0.27	3.60	0.041
15	195	16	0.40	0.33	2.74	0.054
16	180	22	0.70	0.31	2.18	0.032
17	170	11	0.30	0.34	2.10	0.031
18	165	10	0.25	0.35	2.13	0.067
19	315	9	0.25	0.27	2.14	0.064
20	293	27	1.00	0.24	2.41	0.085
21	261	13	0.60	0.18	2.52	0.074
22	275	11	0.50	0.14	3.01	0.063
23	190	14	0.40	0.12	4.06	0.058
24	187	18	0.45	0.31	5.11	0.061
25	210	19	0.70	0.29	3.21	0.048



Виходячи з потужності викиду та з витрати газів при температурі викиду, визначають реальну концентрацію забруднень при температурі викиду за формулою:

$$q_{T_6} = \frac{M}{V_{T_6}}, \text{ г/м}^3 \quad (6)$$

Отримані результати зводять в таблицю 2.

Таблиця 2. Потужність викидів та концентрації забруднень при температурі викиду \_\_ °С, швидкості руху газів \_\_ м/с, діаметру устя \_\_ м.

Компонент газової суміші	Концентрація, г/м <sup>3</sup>		Витрата, м <sup>3</sup> /с		Потужність викиду М, г/м <sup>3</sup>
	при 20 °С (q <sub>20</sub> )	При __ °С (q <sub>T<sub>в</sub></sub> )	при 20 °С (V <sub>20</sub> )	При __ °С (V <sub>T<sub>в</sub></sub> )	
СО					
SO <sub>2</sub>					
пил					

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ, ЩО УТВОРЮЮТЬСЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ ПАЛИВА**

**Мета роботи:** навчитися визначати об'єми газових викидів та витрати газових відходів при спалюванні палива.

### **Стислі теоретичні відомості**

Об'єми газових викидів, при розробці проектів граничнодопустимих викидів, приймаються на основі реальних замірів, по результатах розрахунку об'єму продуктів згорання палива ( з урахуванням втягування повітря) та орієнтовній оцінці об'ємів газоповітряних сумішей, що поступають в атмосферу від неорганізованих джерел забруднюючих речовин.

Витрата газових викидів ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) від продуктів згорання палива розраховують по формулі:

$$V = \frac{G \cdot V_1 \cdot K}{3600}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

де  $V$  – витрата димових газів,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$G$  – витрата палива,  $\text{кг}/\text{год}$ ,

$V_1$  – витрата продуктів згорання на одиницю маси або об'єму, що згорає,  $\text{м}^3/\text{с}$ ,

$K$  – коефіцієнт втягування повітря по тракту.

Втягування повітря по тракту для цегляних боровів приймають в об'ємі 5 % на 10 м тракту. Для печей з котлами утилізаторами при довжині трактів (боровів) більше 15-20 м використовують металеві борова, що не втягують повітря. Коли печі мають невелику витрату палива (до 10 МДж/г), в

ряді випадків котли-утилізатори не встановлюють. При цьому охолодження димових газів відбувається за рахунок штучного втягування повітря (при цегляних трубах до 700 °С, при металевих димових трубах до 40÷500 °С).

При визначенні витрат продуктів згорання по формулах приведених в табл. 1, враховують величину всмоктування повітря на горіння  $\alpha$ . Всмоктування повітря (коефіцієнт  $\alpha$ ) на горіння в нагріваючих пристроях, для яких необхідне нагрівання великих поверхонь, наприклад в котлових батареях та нагрівачах повітря доменних печей, за відсутності фактичних даних або технологічних даних приймається рівним 1,2. В нагріваючих печах величина коефіцієнту, що враховує всмоктування повітря приймається рівною 1.05÷1.1. В тих випадках, коли відбувається сушка матеріалів, наприклад в сушарках, величина коефіцієнту всмоктування повітря може досягати 1,6.

Таблиця 1. Розрахункові характеристика палива.

Вид палива, район та родовище	Марка та сорт	Теплота згорання МДж/кг	Склад, %		Об'єм продуктів згорання, м <sup>3</sup> /с
			А <sup>Р</sup> , зола	Сірка летюча	
Вугілля: Донецький басейн	Д	20.3	19.6	4.6	5.86+5.44( $\alpha$ -1)
	Г	24.7	15.8	3.3	5.48+5.07( $\alpha$ -1)
Мазут: Малосірчистий	----	39.0	0.3	0.5	6.36+6.00( $\alpha$ -1)
	Високосірчистий	----	38.4	0.3	2.9
Природний газ*					
Дашавський	----	35.7	----	----	10.64+9.36( $\alpha$ -1)
Ставропольський	----	35.5	----	----	10.49+9.49( $\alpha$ -1)
Шебелинський	----	35.5	----	----	10.46+9.52( $\alpha$ -1)
Доменний газ*	----	4.0	----	----	1.64+0.79( $\alpha$ -1)
Коксовий газ*	----	16.6	----	----	4.67+3.99( $\alpha$ -1)

• - в мегаджоулях на 1 м<sup>3</sup>.

## Рекомендації щодо виконання роботи

Вихідні дані до виконання лабораторної роботи приведені в табл. 2.

Таблиця 2. Вихідні дані для виконання роботи.

- - м<sup>3</sup>/Г

№ п/п	Вид палива (марка)	Коефіцієнт втягування повітря по тракту К	Коефіцієнт втягування повітря для горіння $\alpha$	Витрата палива, кг/год (т/год)
1	Вугілля (Д)	10.5	1.20	1.0
2	Вугілля (Д)	1.05	1.10	2.3
3	Вугілля (Г)	1.00	1.05	2.4
4	Вугілля (Г)	1.05	1.20	1.8
5	Мазут (мало сірчистий)	1.00	1.05	3.4
6	Мазут (високо сірчистий)	1.00	1.10	4.2
7	Мазут (високо сірчистий)	1.00	1.20	5.6
8	Мазут (мало сірчистий)	1.00	1.10	4.1
9	Газ (дашавський)	1.05	1.05	15.0*
10	Газ (дашавський)	1.00	1.10	17.0*
11	Газ (шебелинський)	1.05	1.05	16.0*
12	Газ (шебелинський)	1.00	1.10	20.0*
13	Газ (ставропольський)	1.05	1.05	21.0*
14	Газ (ставропольський)	1.00	1.11	10.0*
15	Доменний газ	1.00	1.40	18.0*
16	Коксовий газ	1.00	1.05	12.0*
17	Вугілля (Д)	1.05	1.10	1.9
18	Вугілля (Г)	1.00	1.15	3.7
19	Мазут (мало сірчистий)	1.00	1.20	4.1
20	Мазут (високо сірчистий)	1.00	1.20	3.1
21	Газ (шебелинський)	1.00	1.15	22.0*
22	Газ (дашавський)	1.00	1.10	23.0*
23	Газ (ставропольський)	1.00	1.20	19.5*
24	Доменний газ	1.00	1.40	15.6*
25	Коксовий газ	1.00	1.05	14.4*

В кожному варіанті спочатку визначається витрата газів від спалювання палива  $V_1$  з допомогою формули, взятої із табл. 1. Після цього по формулі (1) визначається витрата димових газів.

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ВИКИДІВ ОСНОВНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ ПРИ СПАЛЮВАННІ ПАЛИВА

**Мета роботи:** навчитися визначати потужність викидів при спалюванні палива в залежності від виду палива та типу обладнання.

### Стислі теоретичні відомості

При спалюванні палива в атмосферу викидаються в основному зола (пил), незгоріле паливо, оксиди вуглецю, сірчистий ангідрид, оксиди азоту, бенз-(а)-пирен.

Розрахунок викидів золи та незгорілого палива здійснюється по формулі:

$$M = \frac{B \cdot A^P}{100 - \Gamma_{ун}} \cdot \alpha_{ун} \cdot (1 - \eta_3) \quad (1)$$

де  $B$  – витрата палива, т/г,

$A^P$  – зольність палива, %,

$\alpha_{ун}$  – доля золи палива в викиді (для пиловугільних печей з сухим шлаковидаленням  $\alpha_{ун}=0.9$ , для шахтно млинових печей  $\alpha_{ун}=0.85$ , при спалюванні сланців  $\alpha_{ун}=0.71$ ),

$\eta_3$  – доля твердих часток, що затримуються в зололовушках, %,

$\Gamma_{ун}$  – вміст горючих речовин в викиді, %,

$q_4$  – втрати тепла від неповного згорання палива, %,  $q_4=0.5 \div 0.7$ .

Значення  $A^P$ ,  $\Gamma_{ун}$ ,  $\alpha_{ун}$ ,  $\eta_3$ ,  $q_4$  приймають по фактичних показниках за період, що розглядається. Величину  $A^P$  слід взяти з табл. 1 лабораторної роботи №2.

В загальному вигляді, кількість сірчистого ангідриду, що утворюється при спалюванні палива, визначають по формулі, кг/год:

$$m_{SO_2} = 0.01 \cdot B \cdot S \cdot (1 - \eta_{SO_2}) \cdot \frac{M_{SO_2}}{M_S} \quad (2)$$

де  $B$  – витрата палива, кг/год,

$S$  – вміст сірки в паливі на робочу масу, %,

$\eta_{SO_2}$  – доля оксидів сірки, зв'язаних летючою золою,

$M_{SO_2}$  – молекулярна маса  $SO_2$ ,

$M_S$  – атомна маса сірки.

Орієнтовно  $\eta_{SO_2}$  при спалюванні різних видів палива складає:

Сланці – 0.5

Вугілля – 0.1

Торф – 0.15

Мазут – 0.02

Газ – 0.00

Оксид вуглецю виділяється в атмосферу при неповному згоранні палива практично більшості металургійних підприємств. Про вміст оксиду вуглецю, оксидів сірки. Оксидів азоту, бенз-(а)-пирену можна судити по даних, приведених в табл. 1.

### **Рекомендації щодо виконання роботи**

При виконанні роботи студенти отримують індивідуальні завдання, взяті із табл. 2, і користуючись формулою 1, таблицею 1 та таблицею 1 із лабораторної роботи №2, визначають концентрації основних забруднень в газових викидах.

Отримані результати зводять в таблицю.

Таблиця 1. Залежність вмісту шкідливих речовин у продуктах згорання палива від виду палива та типу агрегату його спалювання, мг/м<sup>3</sup>.

Тип агрегату	Коефіцієнт надлишку повітря	Коксовий газ			Доменний газ			Природний газ	Мазут				
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Бенз(а)пирен	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	Бенз(а)пирен	пил	сажа
Нагрівачі печі	1.05	390	140	1·10 <sup>-7</sup>	1190	50	0	180	1664	180	3·10 <sup>-5</sup>	40	0
	1.10	370	260	1·10 <sup>-7</sup>	1160	90	0	210	1592	230	3·10 <sup>-5</sup>	40	0
	1.15	360	330	1·10 <sup>-7</sup>	1140	100	0	260	1527	330	3·10 <sup>-5</sup>	40	0
	1.20	340	390	1·10 <sup>-7</sup>	1110	120	0	290	1466	390	3·10 <sup>-5</sup>	40	0
	1.60	240	140	1·10 <sup>-7</sup>	880	50	0	200	944	200	3·10 <sup>-5</sup>	20	0
Коксові батареї	12	340	390	2.2·10 <sup>-7</sup>	1110	120	14860	290	--	--	--	--	--
Котли промислові	1.05	390	210	1·10 <sup>-7</sup>	1190	80	0	230	1737	250	3·10 <sup>-5</sup>	90	0
	1.10	370	330	1·10 <sup>-7</sup>	1160	140	0	270	1663	330	3·10 <sup>-5</sup>	80	0
	1.15	370	420	1·10 <sup>-7</sup>	1140	170	0	330	1594	420	3·10 <sup>-5</sup>	80	0
	1.20	340	520	1·10 <sup>-7</sup>	1110	200	0	380	1532	520	3·10 <sup>-5</sup>	80	0
Котли побутові	1.10	--	--	--	--	--	--	140	1663	200	190·10 <sup>-5</sup>	80	400
	1.20	--	--	--	--	--	--	170	1594	250	190·10 <sup>-5</sup>	80	400



Таблиця 2. Вихідні дані для визначення концентрації забруднень в продуктах згорання та потужності викидів забруднюючих речовин при спалюванні палива.

№ п/п	Вид палива	Витрата палива т/год (м <sup>3</sup> /год)	Тип агрегату	Коефіцієнт надлишку повітря на горіння
1	Мазут	50	Нагріваючі котли	1.05
2	Мазут	70	Нагріваючі котли	1.10
3	Мазут	100	Нагріваючі котли	1.15
4	Мазут	230	Нагріваючі котли	1.20
5	Мазут	400	Нагріваючі котли	1.60
6	Мазут	420	Котли пром.	1.05
7	Мазут	540	Котли пром.	1.10
8	Мазут	430	Котли пром.	1.15
9	Мазут	450	Котли пром.	1.20
10	Мазут	0.05	Побутові котли	1.10
11	Мазут	0.50	Побутові котли	1.15
12	Вугілля (Д)	0.03	Побутові котли	1.10
13	Вугілля (Г)	0.04	Побутові котли	1.15
14	Вугілля (Д)	420	Котли пром.	1.05
15	Вугілля (Д)	430	Котли пром.	1.10
16	Вугілля (Д)	470	Котли пром.	1.15
17	Вугілля (Д)	490	Котли пром.	1.20
18	Газ	70*	Котли пром.	1.05
19	Газ	90*	Котли пром.	1.10
20	Газ	150*	Котли пром.	1.15
21	Газ	320*	Котли пром.	1.00
22	Коксовий газ	430*	Котли пром.	1.10
23	Коксовий газ	840*	Котли пром.	1.20
24	Доменний газ	940*	Котли пром.	1.10
25	Доменний газ	870*	Котли пром.	1.20

• - в м<sup>3</sup>/год.

## ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ ПРИ ГАРЯЧИХ ВИКИДАХ З ОДИНОЧНОГО ДЖЕРЕЛА

**Мета роботи:** навчитися визначати максимальну концентрацію забруднень в приземному шарі з урахуванням характеристик джерела викиду, потужності викиду при несприятливих метеорологічних умовах.

### Стислі теоретичні відомості

Максимальне значення приземної концентрації забруднень  $C_m$  (мг/м<sup>3</sup>) при викиді газоповітряної суміші із одиночного джерела з круглим устям при несприятливих метеорологічних умовах досягається на певній відстані  $X_m$  (м) від джерела та визначається по формулі:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} \quad (1)$$

де  $A$  – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери,

$M$  – маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу за одиницю часу (потужність викиду), г/с,

$F$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує осідання шкідливих речовин в повітрі,

$m$  і  $n$  – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші із джерела викиду,

$H$  – висота джерела викиду над рівнем землі, м,

$\eta$  - безрозмірний коефіцієнт, що враховує рельєф місцевості, для рівної місцевості з перепадом висот менше або рівним 50 м на 1 км  $\eta=1$ ,

$\Delta T$  – різниця між температурою газової суміші, що викидається  $T_c$  та температурою навколишнього повітря  $T_n$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ,

$V_1$  – витрата газоповітряної суміші, що визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_0 \quad (2)$$

$D$  – діаметр устя джерела викиду, м,

$w_0$  – середня швидкість виходу газоповітряної суміші із устя джерела викиду.

Значення коефіцієнту  $A$ , що відповідає несприятливим метеорологічним умовам, при яких концентрація забруднення в повітрі максимальна приймається рівним 200 для районів, південніших  $50^{\circ}$ пн.ш., 180 для районів між  $50^{\circ}$ пн.ш. та  $52^{\circ}$ пн.ш., 160 для районів, що знаходяться північніше  $52^{\circ}$ пн.ш.

При визначенні  $\Delta T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) необхідно приймати температуру довкілля  $T_n$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), рівною середній максимальній температурі навколишнього повітря найжаркішого місяцю року, а температуру суміші, що викидається  $T_c$ , слід приймати по нормативних даних виробництва.

Значення безрозмірного коефіцієнту  $F$  приймають рівним 1 для газових викидів та дрібнодисперсних аерозолів, швидкість осідання яких дорівнює нулю. Для інших аерозолів  $F=2$  при ефективності очистки викидів 90 %,  $F=2.5$  при ефективності очистки 75-90 %,  $F=3$  при відсутності очистки.

Значення коефіцієнту  $m$  та  $n$  визначається в залежності від параметрів  $f$ ,  $V_m$ ,  $V_m'$  та  $f_c$ :

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} \quad (3)$$

$$V_m = 0.65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} \quad (4)$$

$$V_m' = 1.3 \cdot \frac{w_0 \cdot D}{H} \quad (5)$$

$$f_e = 800 \cdot (V_m')^3 \quad (6)$$

Коефіцієнт  $m$  визначається в залежності від  $f$  по формулі:

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1\sqrt{f} + 0.34\sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100 \quad (7)$$

$$m = \frac{1.47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100 \quad (8)$$

Для  $f_0 < f < 100$  значення коефіцієнту  $m$  розраховується по  $f_e$  ( $f=f_e$ ).

Коефіцієнт  $n$  при  $f < 100$  визначається в залежності від  $V_m$  по формулах:

$$n=1 \text{ при } V_m \geq 2 \quad (9)$$

$$n=0.532 \cdot V_m^2 - 2.13 \cdot V_m + 3.13 \text{ при } 0.5 < V_m < 2 \quad (10)$$

$$n=4.4 \cdot V_m \text{ при } V_m < 0.5 \quad (11)$$

При гарячих викидах газів  $f$  практично завжди менше 100.

## Рекомендації щодо виконання роботи

При виконанні роботи студенти отримують індивідуальні завдання, взяті із табл. 1 і користуючись формулами 1-11 та рекомендаціями, приведеними вище, визначають концентрацію забруднення в приземному шарі.

Таблиця 1. Вихідні дані для визначення концентрації забруднень в приземному шарі при гарячих викидах з одиночного джерела.

№ п/п	D, м	A	F	w <sub>0</sub> , м/с	H, м	M, г/с	ΔT, °C
1	0.5	160	1	13	20	1	10
2	0.6	160	1	15	20	1	20
3	0.7	160	1	20	20	1	100
4	0.8	160	1	20	20	1	100
5	1.0	180	1	15	20	2	80
6	1.2	180	2	40	20	2	130
7	1.4	180	2	40	20	2	160
8	1.8	180	2	40	20	2	160
9	2.0	160	2	40	20	3	230
10	2.5	160	1	20	20	3	130
11	3.0	160	1	20	20	3	160
12	3.5	200	1	40	20	3	230
13	4.0	200	1	40	20	4	300
14	4.2	200	1	40	20	4	130
15	4.8	200	1	40	20	4	160
16	5.0	200	1	40	20	4	230
17	0.5	200	2	15	50	2	40
18	0.6	160	2	15	50	2	60
19	0.7	160	2	15	50	2	80
20	0.8	160	1	20	50	2	130
21	0.9	160	1	20	50	4	160
22	1.0	160	1	20	50	4	130
23	1.2	160	1	20	50	4	160
24	1.4	200	1	20	50	4	230
25	2.0	200	1	20	50	4	300

## ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ ПРИ ХОЛОДНИХ ВИКИДАХ З ОДИНОЧНОГО ДЖЕРЕЛА

**Мета роботи:** навчитись визначати максимальну концентрацію забруднень з урахуванням висоти джерела викиду, потужності викиду при несприятливих метеорологічних умовах.

### Стислі теоретичні відомості

В тих випадках, коли викиди холодні, тобто коли  $\Delta T \approx 0$ , при  $f \geq 100$  та  $V_m' \geq 0.5$  при розрахунку максимальної приземної концентрації при несприятливих метеорологічних умовах використовують формулу:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot K}{H^{4/3}} \quad (1)$$

$$\text{де } K = \frac{D}{8 \cdot V_1} = \frac{1}{7.1 \cdot \sqrt{w_0 \cdot V_1}} \quad (2)$$

Коефіцієнти та величини  $M$ ,  $A$ ,  $F$ ,  $n$ ,  $\eta$ ,  $H$  ті ж, що і в лабораторній роботі №4 (формула 1).

Коефіцієнт  $n$  розраховується по формулах:

$$n=1 \text{ при } V_m' \geq 2 \quad (3)$$

$$n=0.532 \cdot (V_m')^2 + 2.13 \cdot V_m' + 3.13 \text{ при } 0.5 < V_m' < 2 \quad (4)$$

$$n=4.4 \cdot V_m' \quad \text{при } V_m' < 0.5 \quad (5)$$

## Рекомендації щодо виконання роботи

При виконанні роботи слід використовувати формули 1-5 з даної роботи та формули 3-6 з лабораторної роботи №4. Вихідні дані для розрахунків приведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Вихідні дані для визначення приземної концентрації забруднення при холодних викидах ( $\Delta T \approx 0$ )

№ п/п	D, м	A	F	w <sub>0</sub> , м/с	H, м	M, г/с
1	0.5	160	1	5	20	1
2	0.6	180	1	5	20	1
3	0.7	200	2	5	20	1
4	0.8	160	1	10	20	1
5	0.9	160	1	10	20	2
6	1.0	180	1	10	20	2
7	1.2	200	1	10	50	3
8	1.4	200	1	10	50	3
9	1.6	180	2	8	50	4
10	1.8	180	1	8	50	4
11	2.0	160	1	8	50	5
12	2.5	160	1	7	75	6
13	3.0	200	2.5	7	75	7
14	3.5	200	1	7	75	7
15	4.0	160	1	7	75	8
16	4.2	160	1	10	100	9
17	4.8	160	1	10	100	10
18	5.0	160	1	10	100	11
19	6.0	160	1	10	100	12
20	6.5	180	1	12	100	12
21	7.0	180	1	12	150	14
22	8.0	160	1	12	150	14
23	8.4	160	1	12	150	15
24	9.0	160	1	12	150	16
25	10.0	160	1	12	150	16

**ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ, НА ЯКІЙ ДОСЯГАЄТЬСЯ  
МАКСИМАЛЬНА КОНЦЕНТРАЦІЯ ЗАБРУДНЕННЯ В  
ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ**

**Мета роботи:** навчитися визначати відстань, на якій досягається максимальна концентрація забруднення в приземному шарі при несприятливих метеорологічних умовах при холодних та гарячих викидах.

**Стислі теоретичні відомості**

Відстань  $x_m$  (м) від джерела викиду, на якій приземна концентрація забруднення  $C$  (мг/м<sup>3</sup>) при несприятливих метеорологічних умовах досягає максимального значення  $C_m$  визначається по формулі:

$$X_m = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H \quad (1)$$

де безрозмірний коефіцієнт  $d$  при  $f < 100$  знаходиться по формулах:

$$d = 2.48 \cdot (1 + 0.28 \sqrt[3]{f_e}) \quad \text{при } V_m < 0.5 \quad (2)$$

$$d = 4.95 \cdot V_m \cdot (1 + 0.28 \sqrt[3]{f_e}) \quad \text{при } 0.5 < V_m < 2 \quad (3)$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_m} \cdot (1 + 0.28 \sqrt[3]{f_e}) \quad \text{при } V_m > 2 \quad (4)$$

При  $f > 100$  або  $\Delta T \approx 0$  значення знаходять по формулах:

$$d = 5.7 \quad \text{при } V_m' < 0.5 \quad (5)$$



$$d=11.4 \cdot V_m' \text{ при } 0.5 < V_m' < 2 \quad (6)$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{V_m'} \text{ при } V_m' > 2 \quad (7)$$

### **Рекомендації щодо виконання роботи**

Використовуючи вихідні дані, приведені в таблиці 1 лабораторної роботи №5 та необхідні формули із цієї роботи та формули 1-7 даної роботи, визначають в кожному варіанті відстані, на яких концентрація забруднень досягає максимального.

## ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ НА РІЗНИХ ВІДСТАНЯХ ВІД ДЖЕРЕЛА ВИКИДУ

**Мета роботи:** навчитись визначати концентрації забруднень на різних відстанях від одиничного джерела викиду по осі факелу викиду та по перпендикуляру до осі факелу викиду.

### Стислі теоретичні відомості

При несприятливих метеорологічних умовах приземна концентрація шкідливих речовин по осі факелу викиду на різних відстанях  $X(m)$  від джерела викиду визначається по формулі:

$$C = S_1 \cdot C_m \quad (1)$$

де  $S_1$  – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від співвідношення  $X/X_m$  та коефіцієнту  $F$  по формулах:

$$S_1 = 3 \cdot (X / X_m)^4 - 8 \cdot (X / X_m)^3 + 6(X / X_m)^2 \quad \text{при } X/X_m < 1 \quad (2)$$

$$S_1 = \frac{1.13}{0.13 \cdot (X / X_m)^2 + 1} \quad \text{при } 1 < X/X_m < 8 \quad (3)$$

$$S_1 = \frac{X / X_m}{3.58 \cdot (X / X_m)^2 - 3.52 \cdot (X / X_m) + 120} \quad \text{при } 1.5 \geq F \text{ та } X/X_m > 8 \quad (4)$$

$$S_1 = \frac{1}{0.1 \cdot (X / X_m)^2 + 2.47(X / X_m) - 17.8} \quad \text{при } 1.5 < F \text{ та } X/X_m > 8 \quad (5)$$

При низьких та наземних джерелах (висотою до 10 м) при значеннях  $X/X_m < 1$  величина  $S_1$  в формулі (1) замінюється на величину  $S_1^H$ , що визначається в залежності від  $X/X_m$  та  $H$  по формулі:

$$S_1^H = 0.125 \cdot (10 - H) + 0.125 \cdot (H - 2) \cdot S_1 \text{ при } 10 > H \geq 2 \quad (6)$$

Значення приземної концентрації шкідливих речовин в атмосфері на певній відстані по перпендикуляру від осі факелу викиду  $C_y$  (мг/м<sup>3</sup>) визначають по формулі:

$$C_y = S_2 \cdot C \quad (7)$$

де  $S_2$  – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від швидкості вітру  $U$  (м/с) та відношення  $y/x$  по значенню аргументу  $t_y$ :

$$t_y = \frac{U \cdot y^2}{X^2} \text{ при } 5 \geq U \quad (8)$$

$$t_y = \frac{5 \cdot y^2}{X^2} \text{ при } 5 < U \quad (9)$$

по формулі:

$$S_2 = \frac{1}{(1 + 5 \cdot t_y + 12.8 \cdot t_y^2 + 17 \cdot t_y^3 + 45.1 \cdot t_y^4)^2} \quad (10)$$

### **Рекомендації щодо виконання роботи**

Використовуючи вихідні дані із робіт №4 та №5 (табл. 1), відповідні формули із цих робіт, а також із роботи №6 та даної роботи, визначають значення  $C_m$  та  $X_m$  для кожного варіанту. Далі визначають значення

концентрації забруднення на різних відстанях від джерела викиду та заповнюють таблицю 1.

Таблиця 1. Залежність концентрації забруднення від відстані джерела викиду (від співвідношення  $X/X_m$ ).

$X/X_m$	0.01	0.02	0.05	0.1	0.5	1	2	5	10	50	100	200
$C_m$ , мг/м <sup>3</sup>												

Після цього для 4<sup>x</sup> значень  $C$ , включаючи і  $C_m$ , визначають  $C_y$  на відстані 0.01, 0.1, 0.5, 1, 2 км від осі факелу 0-X. При цьому для варіантів 1-5 вибирають швидкість вітру  $U=3$  м/с, для варіантів 5-10 вибирають  $U=5$  м/с, для варіантів 11-15 вибирають  $U=8$  м/с, для варіантів 16-20 вибирають  $U=6$  м/с, для варіантів 21-25 вибирають  $U=4$  м/с.

Отримані результати зводять в таблицю 2.

Таблиця 2. Залежність концентрації забруднень на відстані  $Y$  від осі факелу викиду 0-X.

№ п/п	Відстань по осі 0-X ( $X/X_m$ ), м	Концентрація по осі 0-X, $C$ , мг/м <sup>3</sup>	Відстань $y$ по перпендикуляру до осі 0-X, км				
			0.01	0.1	0.5	1	2
1							
2							
3							
4							

## **ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ ПРИ НЕСПРИЯТЛИВІЙ ШВИДКОСТІ ВІТРУ ТА ВІДСТАНІ, НА ЯКІЙ ВОНА ДОСЯГАЄТЬСЯ**

**Мета роботи:** навчитися визначати максимальні концентрації забруднень за несприятливих метеорологічних умов, при яких швидкість вітру відрізняється від швидкості вітру  $U_m$ , при якій досягається концентрація  $C_m$  на відстані  $X_m$ , та відстань, на якій вона досягається.

### **Стислі теоретичні відомості**

Значення максимальної швидкості вітру  $U_m$  (м/с) на рівні флюгера ( $\approx 10$  м над рівнем землі), при якій досягається максимальна концентрація забруднення в приземній зоні ( $C_m$ ) на відстані  $X_m$ , в випадку  $f < 100$  визначається по формулі:

$$U_m = 0.5 \text{ при } 0.5 \geq V_m \quad (1)$$

$$U_m = V_m \text{ при } 2 \geq V_m > 0.5 \quad (2)$$

$$U_m = V_m \cdot (1 + 0.12\sqrt{f}) \text{ при } V_m > 2 \quad (3)$$

При  $f \geq 100$  або  $\Delta T \approx 0$  значення  $U_m$  визначають по формулах (4-6):

$$U_m = 0.5 \text{ при } 0.5 \geq V_m' \quad (4)$$

$$U_m = V_m' \text{ при } 2 \geq V_m' > 0.5 \quad (5)$$

$$U_m = 2.2 \cdot V_m' \text{ при } V_m' > 2 \quad (6)$$

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини  $C_{mu}$  (мг/м<sup>3</sup>) при несприятливих метеорологічних умовах та швидкості вітру  $U$  (м/с), що відрізняється від небезпечної швидкості вітру  $U_m$ , при якій досягається концентрація  $C_m$  визначається по формулі:

$$C_{mu} = r \cdot C_m \quad (7)$$

де  $r$  – безрозмірна величина, що визначається в залежності від відношення  $U/U_m$  по формулах:

$$r = 0.67 \cdot (U/U_m) + 1.67 \cdot (U/U_m) - 1.34 \cdot (U/U_m)^3 \text{ при } 1 \geq U/U_m \quad (8)$$

$$r = \frac{3 \cdot (U/U_m)}{2 \cdot (U/U_m)^2 - (U/U_m) + 2} \text{ при } 1 < U/U_m \quad (9)$$

Відстань від джерела викиду  $X_{mu}$  (м), на якій при швидкості вітру  $U$  та несприятливих метеорологічних умовах приземна концентрація шкідливих речовин досягає максимального значення  $C_{mu}$  (мг/м<sup>3</sup>) визначається по формулі:

$$X_{mu} = p \cdot X_m \quad (10)$$

де  $p$  – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від відношення  $U/U_m$  по формулах 11-13:

$$p = 3 \text{ при } 0.25 \geq U/U_m \quad (11)$$

$$p = 8.93 \cdot (1 - U/U_m)^5 + 1 \text{ при } 1 \geq U/U_m > 0.25 \quad (12)$$

$$p=0.32 \cdot U/U_m+0.68 \text{ при } 1 < U/U_m \quad (13)$$

### Рекомендації щодо виконання роботи

При виконанні роботи, студенти отримують індивідуальні завдання, взяті із таблиці 1 і, користуючись формулами, приведеними в роботах 4, 5, 6, та формулами 1-13 даної лабораторної роботи визначають  $C_{mu}$  та  $X_{mu}$ .

Таблиця 1. Вихідні дані для визначення максимальної приземної концентрації забруднень  $C_{mu}$  та відстані від джерела до місця утворення цієї концентрації  $X_{mu}$  при швидкості вітру  $U$ , що не дорівнює  $U_m$ .

№ п/п	D, м	A	F	w <sub>0</sub> , м/с	H	M, г/с	ΔT, °C	U/U <sub>m</sub>
1	0.5	160	1	13	20	1	10	0.2
2	0.6	160	1	15	20	1	20	0.5
3	0.7	160	1	20	50	1	100	1.0
4	0.8	160	1	20	20	1	100	1.2
5	1.0	180	1	15	20	2	80	2.0
6	0.5	160	1	5	20	1	0	0.5
7	0.6	180	1	5	20	1	0	1.2
8	0.7	200	2	5	20	1	0	1.5
9	0.8	160	1	10	20	2	0	2.0
10	0.9	160	1	10	15	2	0	0.2
11	1.0	180	1	20	20	1	130	0.5
12	1.2	180	2	40	20	2	160	1.1
13	1.4	180	2	40	20	2	160	0.2
14	1.8	160	1	40	20	3	230	2.5
15	2.0	160	1	40	20	3	230	3.0
16	2.0	160	1	7	50	4	0	1.1
17	2.5	160	2	7	50	4	0	1.3
18	3.0	180	2	7	50	5	0	0.5
19	3.5	180	1	8	75	5	0	2.7
20	4.0	160	1	8	75	5	0	1.8
21	2.5	160	1	20	20	7	130	0.5
22	3.0	180	2	20	20	8	160	2.3
23	3.5	180	2	40	50	10	230	2.1
24	4.2	160	3	40	50	10	160	1.2
25	4.8	160	1	40	50	12	300	0.8

## ВИЗНАЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОЇ ВИСОТИ ДЖЕРЕЛА ВИКИДУ

**Мета роботи:** навчитись визначати мінімальну висоту джерела викиду  $H$  (м) для досягнення необхідних рівнів ГДК даної речовини в приземній зоні.

### Стислі теоретичні відомості

Мінімальна висота одиночного джерела викиду (труби)  $H$  (м) визначається з урахуванням потужності викиду  $M$  (г/с), швидкості руху газів  $w_0$ , (м/с), витрати суміші газів  $V_1$  (м<sup>3</sup>/с), діаметру устя джерела викиду  $D$  (м).

При цьому при холодних викидах, коли  $\Delta T \approx 0$ , висоту визначають по формулі:

$$H = \left[ \frac{A \cdot M \cdot F \cdot D \cdot \eta}{8 \cdot V_1 \cdot \text{ГДК} - C_{\phi \perp}} \right]^{3/4} \quad (1)$$

де  $C_{\phi}$  – фонова концентрації забруднення, мг/м<sup>3</sup>,

ГДК – гранично-допустима концентрація забруднення в приземному шарі, мг/м<sup>3</sup>,

коефіцієнти  $A, F, \eta$  - ті ж, що і в роботах 4-8.

Якщо визначеному значенню  $H$  відповідає значення  $V_m' \geq 2$  (робота №4), то визначене  $H$  є визначеним і кінцевим.

Якщо  $V_m' < 2$ , то необхідно, при знайденому значенні  $H=H_1$  визначити  $n=n_1$  (робота №4) та послідовними наближеннями знайти  $H=H_2$  по  $H_1$  та  $n_1$ , .....,  $H=H_{i+1}$  по  $H_i$  та  $n_i$  з допомогою формули:

$$H_{i+1} = H_i \cdot \left( \frac{n_i}{n_{i-1}} \right)^{3/4} \quad (2)$$



де  $n_i$  та  $n_{i-1}$  – значення безрозмірного коефіцієнту  $n$ , визначеного відповідно по значеннях  $H_i$  та  $H_{i-1}$ . В разі  $I=1$   $n_{i-1}=1$ .

Уточнення  $H$  проводять до тих пір, поки два послідовно знайдених значення  $H$  будуть відрізнятись між собою не більше як на 1 м.

При  $\Delta T > 0$  значення  $H$  спочатку розраховують також по формулі (1).

Якщо при цьому знайдене значення задовольняє нерівність

$$H \leq w_0 \cdot \sqrt{\frac{10 \cdot D}{\Delta T}} \quad (3),$$

то знайдене значення  $H$  є кінцевим. Якщо нерівність (3) не виконується, то попереднє значення висоти труби визначається по формулі:

$$H = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F \cdot \eta}{(\Gamma ДК - C_\phi) \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}}, \text{ м} \quad (4)$$

По знайденому таким чином значенню  $H=H_1$  визначають на основі формул, приведених в роботі №4, значення  $f$ ,  $V_m$ ,  $V_m'$ ,  $f_e$  та визначають в першому приближенні коефіцієнти  $m=m_1$  та  $n=n_1$ . Якщо  $m_1 \cdot n_1 \neq 1$ , то по  $m_1$  та  $n_1$  визначається друге наближення  $H=H_2$  по формулі:

$$H_2 = H_1 \cdot \sqrt{m_1 \cdot n_1} \quad (5)$$

В загальному випадку  $(i+1)$  наближення  $H_{i+1}$  визначається по формулі:

$$H_{i+1} = H_i \cdot \sqrt{\frac{m_i \cdot n_i}{m_{i-1} \cdot n_{i-1}}} \quad (6)$$

де  $m_i, n_i$  – відповідають  $H_i$ , а  $m_{i-1}, n_{i-1}$  – відповідають  $H_{i-1}$ . розрахунок ведуть до тих пір, поки  $1m \geq H_i - H_{i-1}$ .

### Рекомендації щодо виконання роботи

Використовуючи вихідні дані, приведені в таблиці 1, формули (1-6), рівняння та формули з роботи №4, студенти визначають мінімальні значення висоти джерела викиду, при яких концентрація забруднення в приземному шарі не перевищує рівень ГДК.

Таблиця 1. Вихідні дані для визначення мінімальної висоти джерела викиду.

№ п/п	Речовина, що викидається	D, м	A	F	w <sub>0</sub> , м/с	M, г/с	ΔT, °C	C <sub>ф</sub>
1	SO <sub>2</sub>	0.5	160	1	13	1	10	0.1 ГДК
2	NO <sub>x</sub>	0.6	180	1	15	1	20	0.2 ГДК
3	CO	0.7	160	1	20	1	100	0.4 ГДК
4	CO	0.8	160	1	20	1	100	0.1 ГДК
5	SO <sub>2</sub>	1.0	160	1	15	2	80	0.1 ГДК
6	NO <sub>x</sub>	0.5	180	1	5	1	0	0.2 ГДК
7	SO <sub>2</sub>	0.6	160	1	5	1	0	0.2 ГДК
8	CO	0.7	160	1	5	1	0	0.2 ГДК
9	NO <sub>x</sub>	0.8	160	1	10	2	0	0.1 ГДК
10	NO <sub>x</sub>	0.9	160	1	10	2	0	0.1 ГДК
11	CO	1.0	180	1	20	1	130	0.1 ГДК
12	CO	1.2	160	1	40	2	160	0.3 ГДК
13	SO <sub>2</sub>	1.4	160	1	40	2	160	0.3 ГДК
14	SO <sub>2</sub>	1.8	180	1	40	3	230	0.3 ГДК
15	NO <sub>x</sub>	2.0	160	1	40	3	230	0.5 ГДК
16	NO <sub>x</sub>	2.0	160	1	7	4	0	0.5 ГДК
17	NO <sub>x</sub>	2.5	160	1	7	4	0	0.7 ГДК
18	CO	3.0	180	1	7	5	0	0.3 ГДК
19	CO	3.5	160	1	8	5	0	0.2 ГДК
20	CO	4.0	160	1	8	5	0	0.2 ГДК
21	CO	2.5	160	1	20	7	130	0.2 ГДК
22	SO <sub>2</sub>	3.0	160	1	20	8	160	0.2 ГДК
23	SO <sub>2</sub>	3.5	180	1	40	10	230	0.7 ГДК
24	CO	4.2	160	1	40	10	160	0.1 ГДК
25	NO <sub>x</sub>	4.8	160	1	40	12	300	0.1 ГДК

## ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНО ДОПУСТИМИХ ВИКИДІВ (ГДК) ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН

**Мета роботи:** навчитися розраховувати допустимі викиди шкідливих речовин в атмосферу при відомих фонових концентраціях та рівнях ГДК.

### Стислі теоретичні відомості

ГДВ визначаються для кожної речовини окремо, в тому числі і у випадках врахування спільного шкідливого впливу кількох речовин.

При визначенні ГДВ враховуються фонові концентрації  $C_{\phi}$ .

Значення ГДВ (г/с) для одиночного джерела викиду з круглим устям у випадку  $C_{\phi} < \text{ГДК}$  визначається по формулі:

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК} - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \quad (1)$$

де показники  $A, F, m, n, \eta, \Delta T, H, V_1$  ті ж самі, що і роботі №4.

В разі, коли  $f \geq 100$  або  $\Delta T \approx 0$  ГДВ визначають по формулі:

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК} - C_{\phi}) \cdot H^{3/4} \cdot 8 \cdot V_1}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot D} \quad (2)$$

Якщо фон в зоні впливу джерела деталізовано по двох градаціях швидкості вітру ( $C_{\phi 1}$  та  $C_{\phi 2}$ ) відповідно швидкостям вітру  $U_m$  та  $U_i$ , то для одиночного джерела викиду спочатку визначають допоміжні значення  $M_i$  в кожній із градацій швидкості вітру по наступних формулах:

$$M_i = \frac{(ГДК - C_{\Phi_i}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1} \Delta T}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta \cdot r_i} \text{ при } 100 < f \quad (3)$$

$$M_i = \frac{(ГДК - C_{\Phi_i}) \cdot H^{3/4} \cdot 8 \cdot V_1}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot r_i \cdot D} \text{ при } 100 \geq f, \text{ або } \Delta T \approx 0 \quad (4)$$

Тут  $i=1$  або  $2$ , коефіцієнт  $r_i$  визначається з допомогою формул, приведених в роботі №8. При  $i=1$   $U=U_m$ ,  $r_i=1$ . Якщо  $C_{\Phi_1}(i=1) > C_{\Phi_2}(i=2)$ , то  $ГДВ=M_1$  ( $i=1$ ). Якщо  $C_{\Phi_1} < C_{\Phi_2}$ , то розраховують  $M_2$  ( $i=2$ ). Як  $ГДВ$  приймають менше значення із  $M_1$  та  $M_2$ .

### **Рекомендації щодо виконання роботи**

Використовуючи вихідні дані, приведені в таблиці 1, формули (1-4), формули з робіт №4 та №8, визначають  $ГДВ$ .

Таблиця 1. Вихідні дані до розрахунку ГДВ.

№ п/п	Речовина, що викидається	D, м	A	F	ΔT	w <sub>0</sub> , м/с	H, м	C <sub>Ф1</sub> , мг/м <sup>3</sup>	C <sub>Ф2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	U/U <sub>m</sub>
1	NO <sub>x</sub>	4.8	160	1	10	40	50	0.10 ГДК	0.15 ГДК	0.2
2	CO	4.2	160	1	20	40	50	0.21 ГДК	0.20 ГДК	0.5
3	SO <sub>2</sub>	3.5	180	1	100	40	50	0.21 ГДК	0.20 ГДК	1.0
4	SO <sub>2</sub>	3.0	160	1	100	20	50	0.16 ГДК	0.15 ГДК	1.2
5	CO	2.5	160	1	80	20	20	0.17 ГДК	0.20 ГДК	2.0
6	CO	4.0	160	1	0	8	20	0.34 ГДК	0.37 ГДК	0.5
7	CO	3.5	160	1	0	8	50	0.45 ГДК	0.50 ГДК	1.2
8	CO	3.0	180	1	0	7	20	0.56 ГДК	0.60 ГДК	1.5
9	NO <sub>x</sub>	2.5	160	1	0	7	20	0.12 ГДК	0.15 ГДК	2.0
10	NO <sub>x</sub>	2.0	160	1	0	7	75	0.11 ГДК	0.13 ГДК	0.2
11	NO <sub>x</sub>	2.0	160	1	130	40	75	0.02 ГДК	0.05 ГДК	0.5
12	SO <sub>2</sub>	1.8	180	1	130	40	75	0.03 ГДК	0.10 ГДК	1.1
13	SO <sub>2</sub>	1.4	160	1	160	40	30	0.14 ГДК	0.20 ГДК	0.2
14	CO	1.2	160	1	230	40	30	0.15 ГДК	0.30 ГДК	2.5
15	CO	1.0	180	1	300	20	30	0.23 ГДК	0.30 ГДК	3.0
16	NO <sub>x</sub>	0.9	160	1	0	10	30	0.24 ГДК	0.30 ГДК	1.1
17	NO <sub>x</sub>	0.8	160	1	0	10	20	0.17 ГДК	0.20 ГДК	1.3
18	CO	0.7	160	1	0	5	20	0.19 ГДК	0.20 ГДК	0.5
19	SO <sub>2</sub>	0.6	160	1	0	5	20	0.18 ГДК	0.20 ГДК	2.7
20	NO <sub>x</sub>	0.5	180	1	0	5	50	0.16 ГДК	0.20 ГДК	1.8
21	SO <sub>2</sub>	1.0	160	1	100	15	50	0.23 ГДК	0.30 ГДК	0.5
22	CO	0.8	160	1	130	20	20	0.24 ГДК	0.30 ГДК	2.3
23	CO	0.7	160	1	100	20	15	0.36 ГДК	0.30 ГДК	2.1
24	NO <sub>x</sub>	0.6	180	1	80	15	15	0.41 ГДК	0.50 ГДК	1.2
25	SO <sub>2</sub>	0.5	160	1	80	13	15	0.42 ГДК	0.50 ГДК	0.8

## ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЦЬ САНІТАРНО-ЗАХИСНОЇ ЗОНИ

**Мета роботи:** навчитись уточнювати розміри санітарно-захисної зони з урахуванням напрямку вітру.

### Стислі теоретичні відомості

Розміри санітарно-захисної зони (СЗЗ)  $l$  (м) встановлюється в санітарних нормах проектування промислових підприємств. Проте прийняті розміри санітарно-захисної зони необхідно уточнювати наступними розрахунками з урахуванням напрямку вітрів в залежності від результатів розрахунку забруднення атмосфери від вказаного джерела:

$$l = L_0 \frac{P}{P_0}, \text{ м} \quad (1)$$

де  $l$  – розрахунковий розмір СЗЗ, м,

$L_0$  – розрахунковий розмір ділянки місцевості в даному напрямку, де концентрація шкідливих речовин перевищує ГДК, м,

$P$  – середньорічна повторюваність напрямку вітрів даного румбу, %,

$P_0$  – повторюваність вітрів одного румбу при круговій розі вітрів.

Наприклад, при восьмирумбовій розі вітрів  $P_0=100/8=12.5$  %.

### Рекомендації щодо виконання роботи

Використовуючи вихідні дані із робіт №4, №5, та №7, визначити відстань від джерела викиду, де концентрація забруднювача ( $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ) перевищує ГДК та дорівнює ГДК. Визначають  $L_0$ . Після цього, вважаючи, що  $P=25$  %, розраховують  $L$ .

## РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЕНТУ ЗМІШУВАННЯ ЗВОРОТНИХ ВОД З ВОДОЮ ВОДНОГО ОБ'ЄКТУ ТА КРАТНОСТІ РОЗВЕДЕННЯ ЗВОРОТНИХ ВОД

**Мета роботи:** навчитися визначати коефіцієнт змішування та кратність розбавлення зворотних вод за методом В.А. Фролова та І.Д. Родзіллера.

### Стислі теоретичні відомості

При скиді зворотних вод у водний об'єкт не має місце їх повне змішування. Фактично у цьому процесі приймає участь тільки частина води водного об'єкту. Ступінь змішування залежить від співвідношення витрат річної та стічної води, від швидкості течії водного об'єкту, його глибини, звивистості, типу скиду стоків та відстані від місця скиду до розрахункового створу і визначається за формулою В.А. Фролова та І.Д. Родзіллера:

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} \quad (1)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт змішування, що показує яка частина природної води приймає участь у розбавленні скинутої кількості зворотної води на відрізьку довжиною  $L$ ;

$L$  – відстань по фарватеру від місця скиду зворотних вод до розрахункового створу, м;

$Q$  – розрахункова середньогодинна витрата води водного об'єкту найбільш мілководного місяця з 95 % забезпеченістю стоку, м<sup>3</sup>/год;

$q$  – середньогодинна витрата стічної води, що визначається вимірами або за розрахунком, м<sup>3</sup>/год;

$e$  – основа натурального логарифму;

$\alpha$  - коефіцієнт, який враховує вплив гідравлічних факторів змішування стічних вод з природними і розраховується за формулою:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad (2)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт звивистості водного об'єкту (співвідношення довжини між двома пунктами по фарватеру до довжини по прямій);

$\xi$  - коефіцієнт, який залежить від місця скиду стічних вод ( $\xi=1$  для берегового скиду,  $\xi = 1.5$  для скиду у фарватер);

$q$  – витрата стічної води, м<sup>3</sup>/с;

$E$  – коефіцієнт турбулентної дифузії

Для рівнинних річок:

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200} \quad (3)$$

де  $V_{cp}$  – середня швидкість води водного об'єкту, м/с;

$H_{cp}$  – середня глибина водойми, м.

При розрахунках також необхідно визначити кратність розведення стічних вод водою водного об'єкту, яка показує у скільки разів стічні води розводяться водою водного об'єкту за час їх руху до розрахункового створу.

Кратність розведення  $n$  визначається розрахунковим шляхом за формулою:

$$n = \frac{a \cdot Q + q}{q} \quad (4)$$



### **Рекомендації щодо виконання роботи**

При виконанні роботи студенти отримують індивідуальні завдання, взяті з табл. 1 і розраховують коефіцієнт змішування та кратність розведення та роблять висновок, щодо можливості врахування фактору розбавлення при розрахунках ГДС для заданого варіанту вихідних даних.

Таблиця 1. Вихідні дані для визначення коефіцієнту змішування, кратності розбавлення, констант реаерації та константи швидкості споживання кисню стічною водою.

№ п/п	Витрата води водного об'єкту, $Q, \text{ м}^3/\text{с}$	Витрата стічної води, $q, \text{ м}^3/\text{с}$	Середня швидкість течії водного об'єкту, $V_{\text{ср}}, \text{ м/с}$	Середня глибина водного об'єкту, $H_{\text{ср}}, \text{ м}$	Середня температура води водного об'єкту влітку, $T, ^\circ\text{C}$	Коефіцієнт звивистост $i, \varphi$	Коефіцієнт, що враховує місце скиду, $\xi$	Відстань від місця скиду до контрольного створу, $L, \text{ м}$
1	30	0.6	0.64	1.2	15	1.0	1.0	35.0
2	20	0.5	0.64	1.2	15	1.0	1.5	0.5
3	30	0.6	0.6	1.0	15	1.2	1.0	35.0
4	20	0.5	0.6	1.0	15	1.2	1.5	0.5
5	0.8	0.18	0.2	0.3	12	1.0	1.0	10.0
6	0.6	0.14	0.25	0.38	12	1.0	1.5	10.0
7	0.8	0.18	0.2	0.3	12	1.2	1.0	0.5
8	0.6	0.14	0.25	0.38	12	1.2	1.5	0.5
9	1.2	0.2	0.53	0.9	9	1.0	1.0	20.0
10	1.4	0.3	0.4	1.2	9	1.0	1.0	0.5
11	1.2	0.2	0.53	0.9	9	1.2	1.5	20.0
12	1.4	0.3	0.4	1.2	9	1.2	1.5	0.5
13	1.7	0.05	0.5	1.4	10	1.0	1.5	5.0
14	1.7	0.025	0.6	1.0	10	1.0	1.5	0.5
15	1.7	0.05	0.5	1.4	10	1.2	1.0	5.0
16	1.7	0.025	0.6	1.0	10	1.2	1.0	0.5
17	1.5	0.08	0.45	2.0	18	1.0	1.5	2.0
18	1.6	0.07	0.4	1.5	18	1.0	1.5	0.5
19	1.5	0.08	0.45	2.0	18	1.2	1.0	2.0
20	1.6	0.07	0.4	1.5	18	1.2	1.0	0.5
21	10	0.4	0.2	0.3	13	1.0	1.5	1.0
22	10	0.5	0.3	0.2	13	1.0	1.5	1.0
23	12	0.6	0.2	0.3	13	1.2	1.0	0.5
24	12	0.5	0.3	0.2	13	1.2	1.0	0.5
25	12	0.5	0.2	0.5	13	1.0	1.5	8.0

## ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОМІШОК В ОЧИЩЕНИХ ЗВОРОТНИХ ВОДАХ ТА СТУПЕНЮ ОЧИЩЕННЯ

**Мета роботи:** засвоїти методику розрахунку ступеню очищення води по завислим та токсичним речовинам.

### Стислі теоретичні відомості

Оскільки головним критерієм при визначенні ГДС є забезпечення величини ГДК розрахункового інградієнту у заданому контрольному створі водного об'єкту, то вихідними даними є величини максимально допустимих концентрацій домішок у зворотних водах.

Основна розрахункова формула для визначення допустимої концентрації домішок  $C_{СТ}$ , мг/л, г/м<sup>3</sup>, має вигляд:

$$C_{СТ} = n(ГДК - C_{\phi}) + C_{\phi} \quad (1)$$

де  $C_{СТ}$  – граничнодопустимий скид (ГДС);

ГДК – гранично допустима концентрація домішки у воді, мг/л, г/м<sup>3</sup>;

$C_{\phi}$  – фонові концентрації домішки вище скиду зворотної води, мг/л, г/м<sup>3</sup>;

$n$  – кратність розведення зворотних вод у водоймі.

По цій формулі розраховують, при якій максимально допустимій концентрації домішок зворотні води з витратою  $q$  можуть бути скинуті у даний водний об'єкт при витраті природної води  $Q$  при коефіцієнті змішування  $\alpha$  без порушення умов водокористування. Скид зворотних вод з

концентрацією домішок, що не перевищує  $C_{CT}$  теоретично гарантує, що якість води у контрольному створі буде відповідати нормативним вимогам.

Фактор розведення при розрахунку  $C_{CT}$  приймається до уваги лише при нормуванні тих домішок, фонові концентрації яких не перевищують встановлені для них ГДК.

Граничнодопустима кількість завислих речовин в очищених зворотних водах визначається за формулою:

$$C_{CT}^{розр} = C_{доп} \cdot n + C_{\phi} \quad (2)$$

де  $C_{доп}$  – допустиме за санітарними правилами збільшення концентрації завислих речовин у водоймі після скиду зворотних вод. ( $C_{доп} = ГДК - C_{\phi}$ ).

При наявності у зворотних і природній водах кількох (N) забруднюючих речовин необхідно зробити перевірку за формулою, яка відображає закономірність сумачії ефекту дії:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \frac{C_N}{ГДК_N} \leq 1 \quad (3)$$

Якщо нерівність не дотримується необхідно передбачити заходи по очищенню зворотних вод, що скидаються у водойму по будь-якій з шкідливих речовин в залежності від наявності ефективного методу, але з таким розрахунком, щоб сума часток граничнодопустимих концентрацій не перевищувала одиницю.

Ступінь очищення води на очисних спорудах визначається за формулою:

$$Z = \frac{C_0 - C_{CT}^{розр}}{C_0} \cdot 100\% \quad (4)$$

де  $C_0$  – початкова концентрація забруднення у воді, що підлягає очищенню, перед очисними спорудами.

### **Рекомендації щодо виконання роботи**

При виконанні роботи студенти користуються результатами розрахунків лабораторної роботи №1 і вихідними даними табл. 1.

Значення максимально-допустимих концентрацій домішок  $C_{CT}^{роз}$  і необхідного ступеню їх очищення проставляються у відповідні колонки 4 та 6 табл. 1.

Таблиця 1. Вихідні дані для визначення допустимих концентрацій домішок у стічних водах  $C_{СТ}$ , необхідного ступеню очищення  $Z$ , величини ГДС та прогнозних значень концентрації домішок у контрольному створі  $C_{СТ}^{пр}$

Показники складу зворотних вод	ГДК, мг/л	Фонові концентрації $C_{ф}$ , мг/л	Розрахована допустима концентрація домішок $C_{СТ}^{роз}$ , мг/л	Початкова концентрація домішки (до очищення), $C_0$ , мг/л	Необхідна ступінь очищення на очисній споруді, $Z$ , мг/л	Концентрація домішки після очищення, $C_{технол}$ , мг/л	Допустима концентрація домішок, $C_{СТ}$ , мг/л	ГДС, г/год	Концентрація домішок у контрольному створі, $C_{СТ}^{пр}$ , мг/л
Завислі речовини	0.25	12.6		250		9.0			
БСК	3.0	10.6		250		4.8			
Хлорид	300.0	23		300		91.7			
Сульфати	100.0	38		200		168.8			
Мінералізація	1000	337		1000		1000			
Азот амонійний	0.5	0.5		16		7			
Азот нітрити	0.08	0.02		0.1		0.1			
Азот нітрати	40.0	0.2		1.5		1.5			
Залізо	0.5	0.14		--		--			
ХСК	30.0	24.5		--		--			
Нафтопродукти	0.05	0.07		--		--			
СПАВ	0.1	0.15		--		--			
Феноли	0.001	0.005							

## РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОГО СТУПЕНЮ ОЧИЩЕННЯ ЗВОРОТНИХ ВОД ПО БСК<sub>п</sub>

**Мета роботи:** засвоїти та навчитися практично застосовувати методику розрахунку ступеню очищення води по БСК<sub>п</sub>.

### Стислі теоретичні відомості

Максимальне допустиме значення БСК у скинутих зворотних водах визначають за рівнянням:

$$C_{CT}^{розр} = \frac{\alpha \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_1 t}} \left( ГДК^{БСК} - C_{\phi}^{БСК} \cdot 10^{-k_1 t} \right) + \frac{ГДК^{БСК}}{10^{-k_1 t}} \quad (1)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт змішування, що визначається за формулою (1, ЛР №12),

$Q, q$  – відповідно витрати річної та зворотної води, м<sup>3</sup>/с;

$ГДК^{БСК}$  – граничнодопустиме БСК для суміші річної та стічної води, мг/л, г/м<sup>3</sup>;

$C_{\phi}^{БСК}$  – БСК<sub>п</sub> річної води до місця скиду стічних вод, мг/л, г/м<sup>3</sup>;

$t$  – час перемішування води від місця скиду до розрахункового пункту, доба;

$K_1$  – константа швидкості споживання кисню стічною водою (визначається по табл. 1 в залежності від середньої температури води влітку);

$K_2$  – константа реаерації (визначається по табл. 2 в залежності від швидкості течії).

Ступінь очищення по БСК (%) визначається за формулою:

$$Z = \frac{C_0^{БСК} - C_{СТ}^{БСК}}{C_0^{БСК}} \cdot 100\% \quad (2)$$

де  $C_0$  – БСК неочищених стічних вод.

Таблиця 1.

Температура, °C	0	5	9	12	15	18	20	22	26	28	29
$K_1$	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.11	0.13	0.14	0.15

Таблиця 2.

Характеристика водних об'єктів	$K_2$
Швидкість течії <0.5 м/с	0.2-0.25
Швидкі течії >0.5 м/с	0.3-0.5
Малі річки	0.5-0.8

### Рекомендації щодо виконання роботи

При виконанні роботи студенти користуються результатами розрахунків лабораторної роботи №1 і вихідними даними табл. 1 (лаб. робота № 12) та табл. 1 (лаб. робота № 13).

Результати розрахунків допустимого значення БСК та необхідного ступеню очищення проставляються у колонки 4, 6 табл. 1 лабораторної роботи № 13.



## **ВИЗНАЧЕННЯ НОРМАТИВІВ ГДС РЕЧОВИН, ЩО НАДХОДЯТЬ У ВОДНИЙ ОБ'ЄКТ ІЗ ЗВОРОТНИМИ ВОДАМИ**

**Мета роботи:** навчитися визначати величини ГДС речовин на основі сукупності фактичних та розрахункових даних: гідрографічних, гідрологічних, гідрохімічних характеристик водних об'єктів; характеристик стічних вод; нормативів якості води у пунктах водокористування.

### **Стислі теоретичні відомості**

Розрахунок ГДС речовин у водні об'єкти із зворотними водами виконується з урахуванням:

- 1) Фонового складу і властивостей води водойми безпосередньо до місця скиду речовин із зворотними водами. Фонова якість формується під впливом природних процесів та усіх джерел надходження домішок, за винятком впливу розглянутого джерела. В зв'язку з цим фонова концентрація в багатьох випадках за рядом показників перевищує ГДК.
- 2) Ступеню змішування зворотних вод з водою водойми на ділянці від місця випуску зворотних вод до контрольного створу.
- 3) Кратності розбавлення зворотних вод водою водного об'єкту.
- 4) Норм якості води і ГДК речовин у контрольному створі.
- 5) Процесів природного самоочищення води від домішок, якщо ці процеси достатньо виражені, а їх закономірності – вивчені.
- 6) Характеру зворотної води, її витрат та режиму подачі.

Математичний розрахунок ГДС речовин у водному об'єкті із зворотними водами базується на використанні метод, який пов'язує показники забруднення водного об'єкту та нормативи якості води для конкретних умов водокористування.

Величини ГДС речовин (г/год) для окремих випусків зворотних вод встановлюються для діючих та проєктованих категорій водокористувачів за формулою:

$$ГДС = q \cdot C_{ст} \quad (1)$$

де  $q$  – максимальна годинна витрата зворотної води, м<sup>3</sup>/год;

$C_{ст}$  – максимально-допустима концентрація речовини, що забезпечує нормативну якість води у контрольному створі, г/м<sup>3</sup>.

У тих випадках, коли фонова забрудненість водного об'єкту за будь-якими показниками не відповідає ГДК, визначення ГДС залежить від характеру формування фонові концентрації.

Якщо фонова концентрація забруднення сформувалась за рахунок антропогенних факторів, то ГДС відповідних речовин встановлюється, виходячи з перенесення нормативних вимог до якості води водоприймача безпосередньо на зворотні води.

Якщо норми якості води та водних об'єктів не можуть бути досягнуті у зв'язку з впливом природних факторів, які не піддаються регулюванню, то величини ГДС встановлюються, виходячи з умов дотримання у контрольних створах природної фонові якості води, що сформувалась.

Для речовин, по яких нормуються прирощення до природного фону (завислі речовини, алюміній, мідь та ін.), ГДС мають бути встановлені з урахуванням цих допустимих прирощень до природного фону.

### **Рекомендації щодо виконання роботи**

При виконанні роботи студенти користуються результатами розрахунків лабораторних робіт 12, 13, 14 і вихідними даними табл. 1 (лаб. робота №13). В роботі можна використовувати реальні дані, отримані від підприємств – водокористувачів. Результати розрахунків допустимих

концентрації домішок (очищення яких в технологічній схемі не передбачено)  $C_{CT}^{розр}$ , які приймаються для визначення ГДС та величини ГДС заносяться у колонки 8, 9 табл. 1 (лаб. робота №13) відповідно.

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ОЧИСНИХ СПОРУД**

**Мета роботи:** навчитися оцінювати показники типової технологічної водоочистки для даної категорії стічних вод.

### **Стислі теоретичні відомості**

При розрахунках ГДС забруднюючих речовин необхідно враховувати техніко-економічні характеристики підприємства, системи оборотного чи повторного застосування води, а також проектні (діючі) системи водоочистки.

Що стосується запроєктованої системи водоочистки, то для підприємств–водокористувачів максимально-допустимі концентрації у стічних водах повинні задовольняти показникам очистки, що можуть бути досягнуті при застосуванні типової технології очищення для даної категорії стічних вод, навіть якщо водний об'єкт дозволяє скидати більші їх величини.

При застосуванні ГДС допустимі концентрації речовин у стічних водах діючого підприємства не повинні перевищувати значень фактичних середніх, проектних та відповідних типовому способу очищення концентрації речовин для даного випуску стічних вод (за винятком речовин, концентрації яких зростають у процесі очищення).

### **Рекомендації щодо виконання роботи**

При виконанні роботи студенти користуються результатами розрахунків лабораторних робіт № 13, 14, 15.

Для домішок, по яким в технологічній схемі передбачена очистка, за необхідністю проводиться коректування значень максимально допустимих концентрацій. Результат записується у колонку 8 табл. 1 (лаб. робота №13), а значення ГДС у колонку 9.

## ПРОГНОЗ ЗМІНИ ЯКОСТІ ВОДИ У КОНТРОЛЬНОМУ СТВОРІ

**Мета роботи:** вміти прогнозувати і оцінювати зміни якості води у контрольному створі.

### Стислі теоретичні відомості

Основним критерієм при визначенні величин ГДС речовин є забезпечення ГДК розрахункових інгредієнтів у заданому створі, де мають дотримуватися встановлені норми якості води.

Визначення прогнозних значень концентрацій домішок з врахуванням кратності розбавлення стічних вод водою водного об'єкту дозволяє встановити до яких змін у якості води призведе скид стічних вод підприємства-користувача.

Концентрація забруднюючої речовини у контрольному створі ( $C_{СТ}^{прог}$ ), що знаходиться на відстані  $L$  від підприємства-користувача, визначається за формулою:

$$C_{СТ}^{пр} = \frac{C_{СТ} + C_{\phi} \cdot n}{n + 1} \quad (1)$$

$$C_{БСК}^{пр} = \frac{C_{СТ}^{БСК} \cdot q \cdot 10^{-k_1} + q \cdot Q \cdot C_{\phi}^{БСК} \cdot 10^{-k_1}}{a \cdot Q + g} \quad (2)$$

### Рекомендації щодо виконання роботи

При виконанні роботи студенти користуються розрахунками лабораторної роботи 12 і вихідними даними табл. 1 (лаб. робота №13). Визначені прогнозні значення  $C_{СТ}^{прог}$  записуються у колонку 10 табл. 1 (лаб. робота №13).

### **Список рекомендованої літератури**

1. Екологія та закон. Екологічне законодавство України. У двох книгах. К.: Юрінком Інтер, 1997. Книга 1 – 698 с., книга 2 – 574 с.
2. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 423 с.
3. Охрана окружающей среды / Под. ред. Г. Д. Дуганова. К.: Вища школа. Головне вид-во, 1998. – 304 с.
4. Очистка и рекуперация промышленных выбросов / Максимов В.Ф., Вольф И. В., Винокурова Т.А. и др.: Учебник для ВУЗов. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 416 с.
5. Оценка воздействия на окружающую среду и разработка нормативов ПДВ: Справочник. Изд. Максименко Ю.А., Горкина И. Д., Шаприцкий В.Н. – М.: «СП ИНТЕРМЕТИНЖИНИРИНГ», 1999. – 480 с.
6. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. Учебник для ВУЗов. – М.: Высшая школа, 1999. – 447 с. ил.

### **Додаткова література**

1. Родионов В.Г. и др. Техника защиты окружающей среды. Учебник для ВУЗов. 2-е изд. М.: Химия, 1989. – 512 с.
2. Беспмятников Г. П., Кротов Г. П. Предельно допустимые концентрации веществ в окружающей среде. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.
3. Вредные вещества в промышленности. Справочник. – Л.: Химия, 1976. – т. 1 – 598 с., т. 2 – 624 с., т. 3 – 608 с.
4. Охрана окружающей среды. Справочник. / Под ред. К. П. Митрюшкина. М.: Агропромиздат, 1987. – 269 с.

5. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86. Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 93 с.
6. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами). К.: Міністерство охорони здоров'я України, 1997. – 31 с.

## ЗМІСТ

Передмова .....	4
Лабораторна робота №1	
Визначення концентрації забруднюючих речовин, що містяться в викидах в атмосферу.....	6
Лабораторна робота №2	
Визначення витрати газових викидів, що утворюються при спалюванні палива .....	10
Лабораторна робота №3	
Визначення потужності викидів основних забруднювачів при спалюванні палива .....	14
Лабораторна робота №4	
Визначення максимальної концентрації забруднень в приземному шарі при гарячих викидах з одиночного джерела.....	18
Лабораторна робота №5	
Визначення максимальної концентрації забруднень в приземному шарі при холодних викидах з одиночного джерела .....	22
Лабораторна робота №6	
Визначення відстані, на якій досягається максимальна концентрація забруднень в приземному шарі .....	24
Лабораторна робота №7	
Визначення концентрації забруднень на різних відстанях від джерела викиду .....	26
Лабораторна робота №8	
Визначення максимальної концентрації забруднень в приземному шарі при несприятливій швидкості вітру та відстані, на якій вона досягається .....	29
Лабораторна робота №9	
Визначення мінімальної висоти джерела викиду .....	32



Лабораторна робота №10	
Визначення граничнодопустимих викидів (ГДВ) шкідливих речовин	35
Лабораторна робота №11	
Визначення границь санітарно-захисної зони .....	38
Лабораторна робота №12	
Розрахунок коефіцієнту змішування зворотних вод з водою водного об'єкту та кратності розведення зворотних вод.....	39
Лабораторна робота №13	
Обґрунтування і розрахунок максимально допустимої концентрації домішок в очищених зворотних водах та ступеню очищення.....	43
Лабораторна робота №14	
Розрахунок необхідного ступеню очистки зворотних вод по БСК <sub>п</sub> ....	47
Лабораторна робота №15	
Визначення нормативів ГДС речовин, що надходять у водний об'єкт із зворотними водами .....	49
Лабораторна робота №16	
Оцінка ефективності роботи очисних споруд .....	52
Лабораторна робота №17	
Прогноз зміни якості води у контрольному створі.....	53
Список рекомендованої літератури.....	54

Навчальне видання  
Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
з курсу „Техноекологія та техногенна безпека”  
для студентів спеціальності  
“Екологія та охорона навколишнього середовища”

Укладачі: Гомеля Микола Дмитрович  
Сіренко Людмила Вікторівна  
Шаблій Тетяна Олександрівна

Рецензент: Михайло Васильович Шабанов

Відповідальний редактор: В'ячеслав Михайлович Радовенчик