

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до проведення практичних занять і організації самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
всіх форм навчання зі спеціальності  
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2024**

Методичні рекомендації до проведення практичних занять і організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Технології захисту атмосферного повітря міст» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. В. Є. Бекетов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 35 с.

Укладач канд. техн. наук В. Є. Бекетов

#### Рецензент

**Д. В. Дядін**, кандидат технічних наук, професор кафедри інженерної екології міст Харківського національного університету імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 2 від 28 серпня 2023 р.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ.....	5
Завдання 1 Розрахунок висоти початкового підйому факела і ефективної висоти джерела викиду .....	5
Завдання 2 Розрахунок температурного градієнта в атмосфері .....	7
Завдання 3 Визначення оцінки ризику виникнення канцерогенного ефекту в результаті присутності шкідливої домішки в атмосферному повітрі .....	9
Завдання 4 Розрахунок $C_m$ , $X_m$ і $U_m$ за методикою ОНД 86.....	12
Завдання 5 Розрахунок приземної концентрації від викиду з двох джерел.....	16
Завдання 6 Вплив характеру рельєфу місцевості на рівень забруднення атмосфери .....	19
Завдання 7 Розрахунок приземної концентрації з використанням формул Гаусової моделі .....	21
Завдання 8. Розрахунок фонової концентрації з урахуванням і без урахування вкладу підприємства .....	25
Завдання 9 Розрахунок ефективності очищення газів в абсорбери .....	28
2 ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ .....	30
Тема 1 Забруднення атмосфери викидами точкового джерела .....	30
Тема 2 Температурний градієнт і стійкість атмосфери.....	30
Тема 3 Оцінка ризику виникнення канцерогенного ефекту від шкідливої домішки в атмосферному повітрі.....	31
Тема 4 Теорія атмосферної дифузії. Основні положення методики ОНД-86 .....	31
Тема 5 Розрахунок приземної концентрації від викидів декількох джерел .....	32
Тема 6 Вплив характеру рельєфу місцевості на рівень забруднення атмосфери .....	32
Тема 7 Гаусова модель розрахунку концентрацій домішок в атмосфері .....	32
Тема 8 Фонове забруднення речовин в атмосферного повітря .....	33
Тема 9 Технології скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферу .....	33
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34

## ВСТУП

Дисципліна «Технології захисту атмосферного повітря міст», згідно з навчальним планом підготовки магістра, є фаховою і вивчається протягом одного семестру студентами денної і заочної форм навчання.

Дисципліна складається з одного модуля. Навчальною програмою дисципліни передбачено проведення лекцій, практичних занять, самостійної роботи.

Практичні заняття передбачають розгляд теоретичних питань та розв'язання тематичних задач.

Самостійна робота передбачає вивчення конспекту лекцій та додаткової літератури, а також виконання розрахункових завдань за лекційним матеріалом і контрольної роботи. Для контролю рівня засвоєння теоретичного матеріалу у цих методичних рекомендаціях наведені питання до контролю рівня самостійної підготовки.

Методичні рекомендації побудовані так:

- наводяться приклад розв'язання практичних завдань та теоретичні виклади, необхідні для вирішення розрахункових завдань;
- надаються вихідні дані до розрахункових завдань самостійної роботи;
- подаються питання для контролю засвоєння теоретичного матеріалу з відповідної тематики заняття.

# 1 РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

## Завдання 1 Розрахунок висоти початкового підйому факела і ефективної висоти джерела викиду

Визначити ефективну висоту джерела викиду за таких заданих умов: діаметр гирла джерела  $D$ ; об'ємна витрата газу  $V_o$  (нормальні умови); температура атмосферного повітря  $T_a$ , температура газового викиду  $T_z$ , тиск газового викиду  $P_z$ , атмосферний тиск на висоті гирла джерела  $P_{атм}^H$ ; швидкість вітру  $U$ .

Викиди з джерел зазвичай мають початкову швидкість підйому і перегріті відносно навколишнього повітря. Тому в розрахунках замість джерела з реальною висотою  $H$  варто розглядати деяке віртуальне джерело з характерною ефективною висотою  $H_{ef}$ :

$$H_{ef} = H + \Delta h,$$

де  $\Delta h$  – висота початкового об'єму, м;

$H$  – реальна (фізична) висота джерела викиду, м.

Значення  $\Delta h$  розраховують за формулою:

$$\Delta h = \frac{3,75w_o R_o}{u} + \frac{1,6gV_1(T_z - T_a)}{T_a u^3},$$

де  $w_o$  – швидкість газів на виході з джерела, м/с;

$R_o$  – радіус гирла джерела, м;

$U$  – швидкість вітру, м/с;

$V_1$  – об'ємна витрата димових газів (фізичні умови), м<sup>3</sup>/с;

$\Delta T$  – перегрівання газів відносно навколишнього повітря, °К;

$T_a$  – температура навколишнього атмосферного повітря, °К.

Фізичний об'єм  $V_1 = V_z$  визначають із формули:

$$\frac{V_z P_z}{T_z} = \frac{V_o P_o}{T_o},$$

де  $V_z$ ,  $P_z$ ,  $T_z$  – об'єм, атмосферний тиск, температура (фізичні умови);

$V_o$ ,  $P_o$ ,  $T_o$  – об'єм, атмосферний тиск, температура (нормальні умови).

Реальну висоту джерела  $H$  визначають з використанням міжнародної барометричної формули:

$$P = 101,3 \cdot \left(1 - \frac{6,5H}{288}\right)^{5,255} \text{ кПа}, \quad (1)$$

де  $H$  – висота, для якої визначається тиск  $P_{атм}^H$ , км;

101,3 – тиск над рівнем моря, кПа;

288 – температура атмосферного повітря над рівнем моря, °К;

6,5 – температурний стандартний градієнт, °К/км.

Варіанти для розрахунків завдання подано у таблиці 1.

Таблиця 1 – Варіанти для розрахунків завдання 1

Номер варіанта	D, м	V <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> /с (н.у.)	T <sub>а</sub> , °С	T <sub>г</sub> , °С	P <sub>г</sub> , кПа	P <sup>H</sup> <sub>атм</sub> , кПа	U, м/с
1	2	3	4	5	6	7	8
1	4,0	88,6	-5	70	120,0	99,511	5,0
2	6,0	140,0	21	110	115,0	97,747	4,5
3	0,5	1,2	10	100	115,0	101,000	4,0
4	5,0	68,0	-10	150	102,5	100,104	8,0
5	6,0	30,8	20	150	112,0	99,511	3,5
6	6,5	61,2	25	200	121,0	99,867	3,0
7	7,5	45,9	25	250	114,0	99,392	6,0
8	8,0	56,4	-15	180	110,0	98,920	12,0
9	8,5	68,5	30	120	105,9	98,332	5,0
10	10,0	115,6	35	140	120,3	96,586	15,0
11	8,5	76,9	-20	80	108,9	97,165	3,0
12	6,2	48,9	25	175	106,3	98,685	12,0
13	1,5	4,2	15	180	115,4	100,557	8,0
14	1,7	3,1	20	200	105,9	100,701	4,0
15	2,5	4,5	25	120	113,0	100,402	4,0
16	4,5	19,5	15	100	107,5	99,985	10,0
17	7,0	65,0	25	80	120,0	99,274	7,0
18	8,0	58,0	30	150	115,0	99,038	5,0
19	1,0	12,0	35	90	115,0	98,450	11,0
20	10,0	350,0	20	70	102,5	98,215	6,0
21	5,0	60,0	25	120	112,0	100,343	4,0
22	7,0	60,0	20	70	121,0	99,689	2,0
23	5,0	60,0	25	85	114,0	99,926	10,0
24	3,5	60,0	20	95	110,0	100,581	8,0
25	0,6	4,5	-10	110	105,9	101,060	6,0
26	14,0	180,0	18	125	120,3	97,631	3,0
27	10,0	150,0	18	70	108,9	98,743	2,0

### Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
28	10,0	175,0	35	95	106,3	99,062	12,0
29	2,0	60,0	35	120	115,4	100,641	10,0
30	11,0	250,0	-10	130	105,9	98,156	4,0

### Завдання 2 Розрахунок температурного градієнта в атмосфері

Визначити температурний градієнт в атмосфері за такими параметрами: реальна температура атмосфери у поверхні землі  $T_p$ , реальна температура у верхньому шарі атмосфери дорівнює температурі стандартної атмосфери на висоті з атмосферним тиском  $P_{cm}^H$ .

Температурний градієнт і характер стійкості атмосфери визначають шляхом порівняння адіабатичного температурного градієнта ( $-1 \text{ }^\circ\text{C}/100\text{м}$ ) і реального (фактичного) температурного градієнта в атмосфері. У завданні використовується умовна шкала, яка наведена в таблиці 2.

Для визначення температури у верхньому шарі атмосфери спочатку знаходять висоту верхнього шару, використовуючи заданий тиск  $P_{cm}^H$  за формулою (1). Потім визначають температуру атмосфери на цій висоті, враховуючи, що в стандартній атмосфері температурний градієнт дорівнює мінус  $0,0066 \text{ }^\circ\text{C}/\text{м}$  і температура на рівні моря дорівнює  $288^\circ\text{C}$ .

Наприклад:  $T_p = 40 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $313 \text{ }^\circ\text{C}$ ); висота верхнього шару атмосфери (розрахована за формулою 1) дорівнює  $2 \text{ км}$ . Зниження температури на цій висоті складатиме  $0,0066 \times 2000 = 13,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Отже, температура верхнього шару атмосфери складе:  $288 \text{ }^\circ\text{C} - 13,2 \text{ }^\circ\text{C} = 274,8 \text{ }^\circ\text{C}$ . Реальний температурний градієнт рівний  $(274,8 \text{ }^\circ\text{C} - 313 \text{ }^\circ\text{C}) / 2000\text{м} = -1,91 \text{ }^\circ\text{C}/100\text{м}$ . За умовною шкалою (табл. 2) атмосфера є нестійкою.

Таблиця 2 – Умовна шкала характеру стійкості атмосфери

Реальний температурний градієнт	Характер атмосфери
$\Delta T < -1,25$	Нестійка
$-1,25 \leq \Delta T \leq -0,75$	Байдужа
$-0,75 < \Delta T \leq 0$	Слабо стійка
$\Delta T > 0$	Сильно стійка

Варіанти для розрахунків завдання подано у таблиці 3.

Таблиця 3 – Варіанти для розрахунків завдання 2

Номер варіанта	Параметри атмосфери	
	$P_{ст}^H$ , кПа	$T_p$ , °C
1	2	3
1	85,0	0,0
2	90,0	18,0
3	82,0	15,0
4	76,0	30,0
5	65,0	-5,0
6	70,0	40,0
7	75,0	-2,0
8	80,0	-15,0
9	78,0	20,0
10	69,0	-40,0
11	72,0	10,0
12	55,0	25,0
13	45,0	-30,0
14	95,0	20,0
15	91,0	15,0
16	75,0	10,0
17	94,0	5,0
18	75,0	-15,0
19	96,0	20,0
20	79,0	25,0
21	99,0	15,0
22	82,0	10,0
23	81,0	5,0
24	80,0	25,0
25	85,0	35,0
26	95,0	15,0
27	99,0	10,0
28	100,0	12,0
29	60,0	-15,0
30	82,0	-20,0



### Завдання 3 Визначення оцінки ризику виникнення канцерогенного ефекту в результаті присутності шкідливої домішки в атмосферному повітрі

Визначити ризик виникнення канцерогенного ефекту в результаті забруднення атмосферного повітря шкідливою домішкою концентрацією  $C$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ). Під час оцінювання використати стандартні дескриптори експозиції і критерії, рекомендовані ВООЗ.

Для характеристики канцерогенного ризику розраховують: індивідуальний канцерогенний ризик  $CR$ ; популяційний канцерогенний ризик  $PCR$  за формулами:

$$CR = LADD \cdot SF = LADC \cdot UR;$$

$$PCR = CR \cdot POP,$$

де  $LADD$  – середня добова доза речовини протягом життя,  $\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{доба})$ ;

$SF$  – фактор нахилу,  $(\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{доба}))^{-1}$ ;

$LADC$  – середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за увесь період усереднення експозиції,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$UR$  – одиничний ризик,  $(\text{мг}/\text{м}^3)^{-1}$ ;

$POP$  – чисельність популяції, що зазнає впливу, ос.

Розрахунок середньодобової дози  $LADD$  для інгаляційного впливу речовини з атмосферного повітря виконують за формулою:

$$LADD = [(C_a \cdot T_{out} \cdot V_{out}) + (C_h \cdot T_{in} \cdot V_{in})] \cdot EF \cdot ED : (BW \cdot AT \cdot 365),$$

де  $SF$  – фактор канцерогенного потенціалу (нахилу),  $(\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{доба}))^{-1}$ ;

$C_a$  – концентрація речовини в атмосферному повітрі,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$C_h$  – концентрація речовини в повітрі приміщення,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$T_{out}$  – час перебування поза приміщенням, година/добу;

$T_{in}$  – час перебування усередині приміщення, година/добу;

$V_{out}$  – швидкість дихання поза приміщенням,  $\text{м}^3/\text{година}$ ;

$V_{in}$  – швидкість дихання усередині приміщення,  $\text{м}^3/\text{година}$ ;

$EF$  – частота впливу, день за рік;

$ED$  – час впливу, рік;

$BW$  – маса тіла,  $\text{кг}$ ;

$AT$  – період усереднювання експозиції, рік;

$365$  – кількість днів в році.

При оцінці ризиків для здоров'я, зумовлених впливом забруднювачів атмосферного повітря, варто орієнтуватися на систему критеріїв і використати значення факторів експозиції, референтних концентрацій, факторів канцерогенного потенціалу, рекомендованих ВООЗ (табл. 4 і 5).

Таблиця 4 – Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Високий (De Manifestis) – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику з усунення або зниження ризику	$>10^{-3}$
Середній – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	$10^{-3}-10^{-4}$
Низький – припустимий ризик (рівень, на якому зазвичай встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4}-10^{-6}$
Мінімальний (De Minimis) – бажана (цільова) величина ризику під час проведення оздоровчих і природоохоронних заходів	$<10^{-6}$

Таблиця 5 – Рекомендовані значення факторів експозиції

Фактор експозиції	Величина
1	2
Маса тіла, кг	
середній дорослий	60
дорослий чоловік	70
доросла жінка	58
середня величина	64
рекомендована ВООЗ	60
Площа поверхні тіла, см <sup>2</sup>	
дорослий чоловік	18 000
доросла жінка	16 000
Об'єм дихання, л/8 годин	
дорослий чоловік	3 600
доросла жінка	2 900
дитина (10 років)	2 300
Легка / невиробнича діяльність	
дорослий чоловік	9 600
доросла жінка	9 100

Продовження таблиці 5

1	2
дитина (10 років)	6 240
Інгаляція за добу, м <sup>3</sup> (8 годин відпочинку, 16 годин легкої або невикористовуваної діяльності)	
дорослий чоловік	23
доросла жінка	21
дитина (10 років)	15
середній дорослий	22
Швидкість інгаляції, м <sup>3</sup> /доба	
діти (вік 1 рік і менше)	4,5
діти (вік 1–12 років)	8,7
дорослі жінки	11,3
дорослі чоловіки	15,2
Час, що проводиться у приміщенні, год/доба	
діти 3–11 років	19 (будні дні)
	17 (вихідні)
дорослі	21 (будні дні)
	16,4 (вихідні)
Час, що проводиться поза приміщенням, год/доба	
діти 3–11 років	5 (будні дні)
	7 (вихідні)
дорослі	1,5 (будні дні)
	2 (вихідні)

Варіанти для розрахунків завдання подано у таблиці 6.

Таблиця 6 – Варіанти для розрахунків завдання 3

Номер варіанта	Назва забруднюючої речовини	Концентрація забруднюючої речовини в атмосферному повітрі, мг/м <sup>3</sup>	Чисельність популяції що зазнає впливу, тис. ос
1	2	3	4
1	Бенз(а)пірен	9,50E-07	300
2	ДДТ	9,50E-05	500
3	Дихлофос	2,90E-01	700
4	Епіхлоргідрин	9,50E-01	900
5	Хлороформ	4,50E-01	900
6	Свинець	9,50E-01	300
7	Формальдегід	9,50E-01	500
8	Бензол	9,50E-04	700
9	Ацетальдегід	1,95E+00	800

Продовження таблиці 6

1	2	3	4
10	Акрилонітрил	2,95E+00	900
11	Вінілхлорид	9,50E-01	300
12	Нікель	9,50E-04	500
13	Хром (УІ)	3,50E-03	700
14	Хлоретан	1,60E+00	700
15	Трихлоретилен	2,50E+00	700
16	Бенз(а)пірен	9,50E-06	700
17	ДДТ	9,50E-04	500
18	Дихлофос	2,90E+00	700
19	Епіхлоргідрин	9,50E+00	800
20	Хлороформ	4,50E+00	900
21	Свинець	9,50E+00	300
22	Формальдегід	9,50E+00	500
23	Бензол	9,50E-03	700
24	Ацеталдегід	1,95E+00	800
25	Акрилонітрил	2,95E+00	900
26	Вінілхлорид	9,50E+00	300
27	Нікель	9,50E-05	500
28	Хром (УІ)	3,50E-04	700
29	Хлоретан	1,60E-01	700
30	Трихлоетилен	2,50E-01	700

**Завдання 4 Розрахунок  $C_m$ ,  $X_m$  і  $U_m$  за методикою ОНД 86**

Розрахувати для кожного з двох джерел максимальну приземну концентрацію  $C_m$  (у частках ГДК) для групи сумарної  $NO_2 + SO_2$ , відстань до максимальної концентрації –  $X_m$ , та небезпечну швидкість вітру –  $U_m$ .

Найбільше значення концентрації забруднюючої речовини  $C_m$ , що викидається з одиночного джерела з круглим гирлом на відстані  $X_m$ , встановлюється за формулою:

$$C_m = \frac{AMFm\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (2)$$

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

$M$  – вагові витрати забруднюючої речовини, г/с;

$F$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин у повітрі;

$m, n$  – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

$\eta$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості. Якщо місцевість має перепади висот не більше 50 метрів на 1 км,  $\eta = 1$ ;

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

Об'ємну витрату газоповітряної суміші –  $V$  ( $\text{м}^3/\text{с}$ ) розраховують за формулою:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0 ,$$

де  $D$  – діаметр гирла джерела викиду, м;

$\omega_0$  – швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, м/с;

$\Delta T$  – різниця між температурою газоповітряної суміші –  $T_2$ , що викидається з гирла джерела, і температурою атмосферного повітря –  $T_a$  °С.

Значення коефіцієнтів  $m$  та  $n$  розраховують залежно від параметрів  $f, V_m, V'_m, f_e$  за формулами:

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T};$$

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}};$$

$$V_m^1 = 1,3 \frac{\omega D}{H};$$

$$f_e = 800 (V_m^1)^3 .$$

Коефіцієнт  $m$  визначають залежно від  $f$  за формулами:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100 ,$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100 .$$

Якщо  $f_e < f < 100$  – значення коефіцієнта  $m$  встановлюють при  $f = f_e$ .

Коефіцієнт  $n$  при  $f < 100$  визначають залежно від  $V_m$  за формулами:

$$n=1 \quad \text{при } V_m \geq 2;$$

$$n = 0,532V_m^2 - 2,13V_m + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq V_m < 2;$$

$$n = 4,4 \times V_m \quad \text{при } V_m < 0,5.$$

Відстань  $X_m$  (м) від джерела викидів, на якій приземна концентрація  $C_m$  (мг/м<sup>3</sup>) за несприятливих метеорологічних умов має найбільше значення, знаходять за формулою:

$$X_m = \frac{5 - F}{4} dH,$$

де безрозмірний коефіцієнт  $d$  при  $f < 100$  розраховують за формулами:

$$d = 2,48(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \quad \text{при } V_m \leq 5;$$

$$d = 4,95V_m(1 + 0,28\sqrt[3]{f}) \quad \text{при } 0,5 < V_m \leq 2;$$

$$d = 7\sqrt{(V_m)(1 + 0,28\sqrt[3]{f})} \quad \text{при } V_m > 2.$$

При  $f > 100$  або  $T \cong 0$  значення  $d$  знаходять за формулами:

$$d=5,7 \quad \text{при } V'_m \leq 0,5;$$

$$d = 11,4 V'_m \quad \text{при } 0,5 < V'_m \leq 2;$$

$$d = 16 \sqrt{V'_m} \quad \text{при } V'_m > 2.$$

Небезпечну швидкість вітру  $U_m$  (м/с), за якої приземна концентрація забруднюючої речовини має найбільше значення, при  $f < 100$  знаходять за формулами:

$$U_m=0,5 \quad \text{при } V_m \leq 0,5;$$

$$U_m=V_m \quad \text{при } 0,5 < V_m \leq 2;$$

$$U_m = V_m^1(1 + 0,12\sqrt{f}) \quad \text{при } V_m > 2.$$

При  $f > 100$  або  $T \approx 0$  значення  $U_m$  розраховують за формулами:

$$U_m = 0,5$$

при  $V'_m < 0,5$ ;

$$U_m = V'_m$$

при  $0,5 < V'_m < 2$ ;

$$U_m = 2,2 V'_m$$

при  $V'_m > 2$ .

Варіанти для розрахунків завдання подано у таблиці 7.

Таблиця 7 – Варіанти для розрахунків завдання 4

Номер варіанта	Номер джерела викиду	Параметри атмосфери			$D, м$	$W_o, м/с$	$H, м$	$T_z, ^\circ C$
		$A$	$T_a, ^\circ C$	$w, м/с$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	200	20,0	5,6	0,40	6,00	10,0	150,0
	2				0,50	5,00	15,0	120,0
2	1	220	25,1	5,6	0,30	9,90	20,0	120,0
	2				0,30	12,00	35,0	110,0
3	1	220	25,1	5,6	0,30	9,90	10,0	120,0
	2				1,00	1,90	15,0	90,0
4	1	250	22	5,6	0,30	12,00	40,0	110,0
	2				1,00	1,97	45,0	90,0
5	1	160	20	8,5	0,30	12,00	30,0	100,0
	2				0,35	13,00	35,0	80,0
6	1	180	28	4,5	0,32	9,30	35,0	90,0
	2				0,37	9,80	40,0	70,0
7	1	200	24	6,5	0,35	8,30	32,0	110,0
	2				0,40	8,80	38,0	95,0
8	1	140	22	8,5	0,35	13,00	35,0	80,0
	2				0,30	12,00	30,0	100,0
9	1	210	35	7,5	0,32	9,30	35,0	100,0
	2				0,37	9,80	40,0	80,0
10	1	190	20	4,5	0,35	8,30	35,0	115,0
	2				0,40	8,80	40,0	100,0
11	1	210	20,0	5,6	0,30	10,67	15,0	120,0
	2				0,35	10,19	20,0	100,0
12	1	220	21,0	5,6	0,30	9,90	25,0	120,0
	2				0,30	12,00	40,0	110,0
13	1	250	25,1	5,6	0,25	14,30	22,0	100,0
	2				0,80	2,30	35,0	80,0

Продовження таблиці 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
14	1	200	20,0	8,5	0,25	11,20	25,0	100,0
	2				0,80	1,50	30,0	80,0
15	1	220	15,0	5,6	0,60	9,00	15,0	120,0
	2				0,80	7,00	20,0	110,0
16	1	140	22	8,5	0,35	13,00	30,0	100,0
	2				0,30	12,00	25,0	120,0

**Завдання 5 Розрахунок приземної концентрації від викиду з двох джерел**

Розрахувати сумарну концентрацію в контрольній точці  $C_{КТ}$  від викиду з двох джерел (у частках ГДК) для групи сумарії  $NO_2 + SO_2$ .

Алгоритм рішення завдання такий:

1. Зробити схему розташування джерел та контрольної точки, вказати лінію розсіювання відповідно до завдання (приклад схеми на рис. 1).

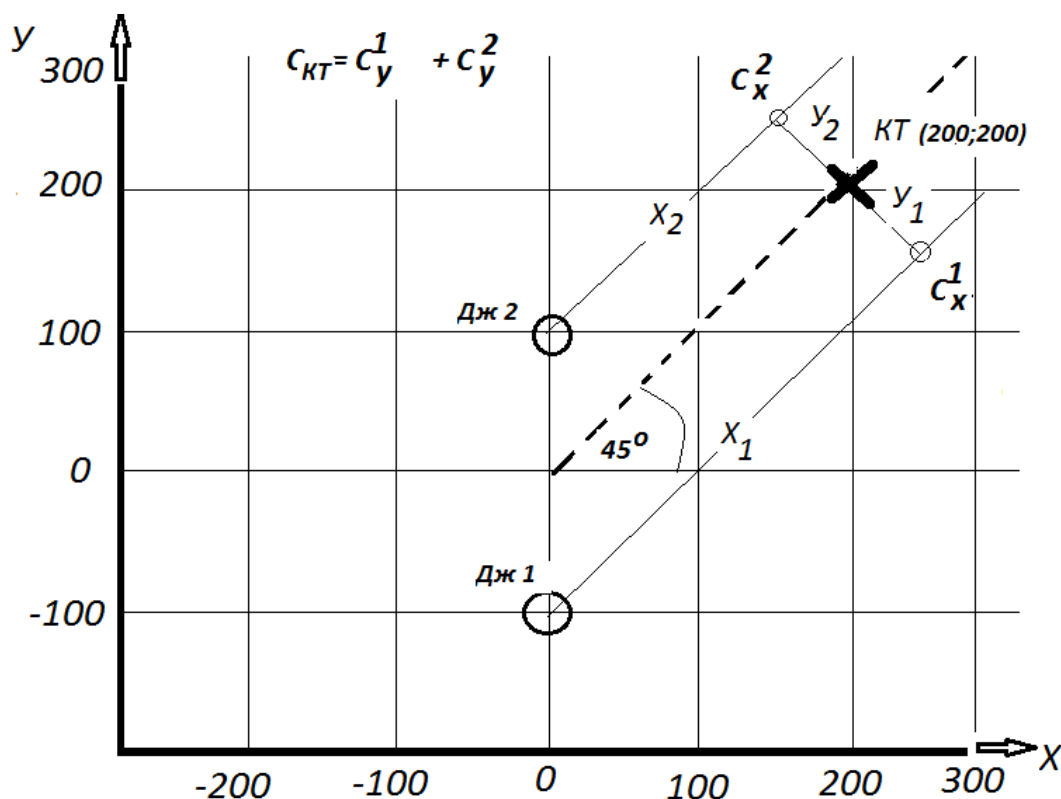


Рисунок 1 – Схема для розрахунку концентрації у контрольній точці



2. На схемі позначити та розрахувати відстані від джерел до точок, у яких необхідно розрахувати концентрації забруднюючої речовини: по осі розсіювання –  $X_1, X_2$ ; по перпендикуляру до осі –  $Y_1, Y_2$ .

3. Розрахувати концентрації забруднюючої речовини по основній лінії розсіювання від джерела 1 –  $C^1_x$  (відстань  $X_1$ ) та від джерела 2 –  $C^2_x$  (відстань  $X_2$ ) за формулами:

$$C_x = S_1 \cdot C_m$$

$$S_1 = 3 \left(\frac{X}{X_m}\right)^4 - 8 \left(\frac{X}{X_m}\right)^3 + 6 \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 \text{ при } \frac{X}{X_m} \leq 1;$$

$$S_1 = \frac{1,13}{\left[0,13\left(\frac{X}{X_m}\right)^2 + 1\right]} \text{ при } 1 < \frac{X}{X_m} \leq 8.$$

4. Розрахувати концентрації забруднюючої речовини у точках, розташованих на перпендикулярі до основної лінії розсіювання: для джерела №1 –  $C^1_y$  (на видаленні  $Y_1$ ) та  $C^2_y$  (на видаленні  $Y_2$ ) за формулами:

$$C_y = S_2 \cdot C_x;$$

$$S_2 = \frac{1}{(1+5t_y+12,8t_y^2+17t_y^3+45,1t_y^4)^2},$$

$$\text{де } t_y = \frac{Uy^2}{x^2} \text{ при } U \leq 5; t_y = \frac{5y^2}{x^2} \text{ при } U > 5.$$

5. Розрахувати концентрацію сумарної забруднюючих речовин у контрольній точці як суму концентрацій від двох джерел за формулою:

$$C_{\text{кт}} = C_y^1 + C_y^2.$$

Варіанти для розрахунків завдання подано у таблиці 8.

Таблиця 8 – Варіанти для розрахунків завдання 5

Номер варіанта	Номер джерела	Координати джерела		См, частки ГДК	Хм, м	U, м/с	Координати контрольної точки		Лінія розсіювання щодо осі Х, градуси
		Х	У				Х	У	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	0	-100	7,472 1	89	1,39	200	200	45
	2	0	100	2,527 6	111	1,22			
2	1	0	-100	3,136 6	121	0,97	300	300	45
	2	0	100	0,767 8	174	0,83			
3	1	0	-100	8,453 6	86	1,22	200	0	0
	2	0	100	5,506	106	1,21			
4	1	0	-100	2,670 5	189	0,8	300	0	0
	2	0	100	1,053 6	209	0,86			
5	1	0	100	1,773 7	157	0,85	200	-200	315
	2	0	-100	1,474 5	184	0,84			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	1	0	100	1,956	149	0,71	300	-300	315
	2	0	-100	1,810 2	164	0,67			
7	1	100	0	2,151 9	158	0,84	-200	200	135
	2	-100	0	1,757 8	185	0,83			
8	1	0	-100	1,307 5	182	0,83	-300	300	135
	2	0	100	1,568 1	156	0,85			
9	1	0	-100	2,239 8	151	0,73	-200	0	180
	2	0	100	2,058	167	0,69			
10	1	0	100	1,697 4	171	0,84	-300	0	180
	2	0	-100	1,462 4	197	0,85			
11	1	0	100	4,294	109	1,11	-200	-200	225
	2	0	-100	1,650 9	132	1,02			
12	1	0	-100	2,682 1	138	0,91	-300	-300	225
	2	0	100	0,820 1	190	0,8			
13	1	-100	0	3,692 8	125	0,87	200	200	45
	2	100	0	2,609 1	153	0,79			
14	1	-100	0	3,034 5	121	0,78	300	300	45
	2	100	0	3,373 7	121	0,74			
15	1	-100	0	2,466 8	171	1,7	0	200	90
	2	100	0	2,202 8	213	1,67			
16	1	-100	0	2,689 7	182	0,96	0	300	90
	2	100	0	1,881 2	151	0,97			

## Завдання 6 Вплив характеру рельєфу місцевості на рівень забруднення атмосфери

*Визначити поправочний коефіцієнт на рельєф для ситуації «джерело – форма рельєфу», що характеризується такими заданими параметрами.*

Вплив рельєфу місцевості на величину максимальної концентрації приземної враховується безрозмірним коефіцієнтом  $\eta$ .

Поправочний коефіцієнт на рельєф  $\eta$  для окремих ізольованих перешкод, які витягнуті в одному напрямку (гряда, улоговина, уступ), визначається за формулою:

$$\eta = 1 + \varphi_1 \cdot (\eta_m - 1),$$

де  $\eta_m$  – безрозмірна величина, залежить від форм рельєфу і визначається за таблицею 9.

Таблиця 9 – Значення коефіцієнта  $\eta_m$

$n_1$	Улоговина (западина)				Уступ				Гряда(пагорб)			
	$n_2$											
	4–5	6–9	10–15	16–20	4–5	6–9	10–15	16–20	4–5	6–9	10–15	16–20
<0,5	4,0	2,0	1,6	1,3	3,5	1,8	1,5	1,2	3,0	1,5	1,4	1,2
0,6–1,0	3,0	1,6	1,5	1,2	2,7	1,5	1,3	1,2	2,2	1,4	1,3	1,0
1,1–1,29	1,8	1,5	1,4	1,1	1,6	1,4	1,2	1,1	1,4	1,3	1,2	1,0
3,0–5,0	1,4	1,3	1,2	1,0	1,3	1,2	1,1	1,0	1,2	1,2	1,1	1,0
>5,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Параметр  $n_1$  визначається з точністю до десятих, параметр  $n_2$  визначається з точністю до цілих за такими формулами:

$$n_1 = \frac{H}{h_o}; \quad n_2 = \frac{a_o}{h_o},$$

де  $H$  – висота джерела;

$h_o$  – висота (глибина) перешкоди, м;

$a_o$  – півширина гряди, пагорба балки або протяжність бічного схилу уступу;

$x_o$  – відстань від середини перешкоди (у разі гряди або улоговини), або від верхньої кромки схилу уступу до джерела викиду (рис. 2).

Значення функції  $\varphi_1$  визначається залежно від відношення  $I x_o / a_o$  за графіками (див. рис. 2), відповідним різним формам рельєфу.

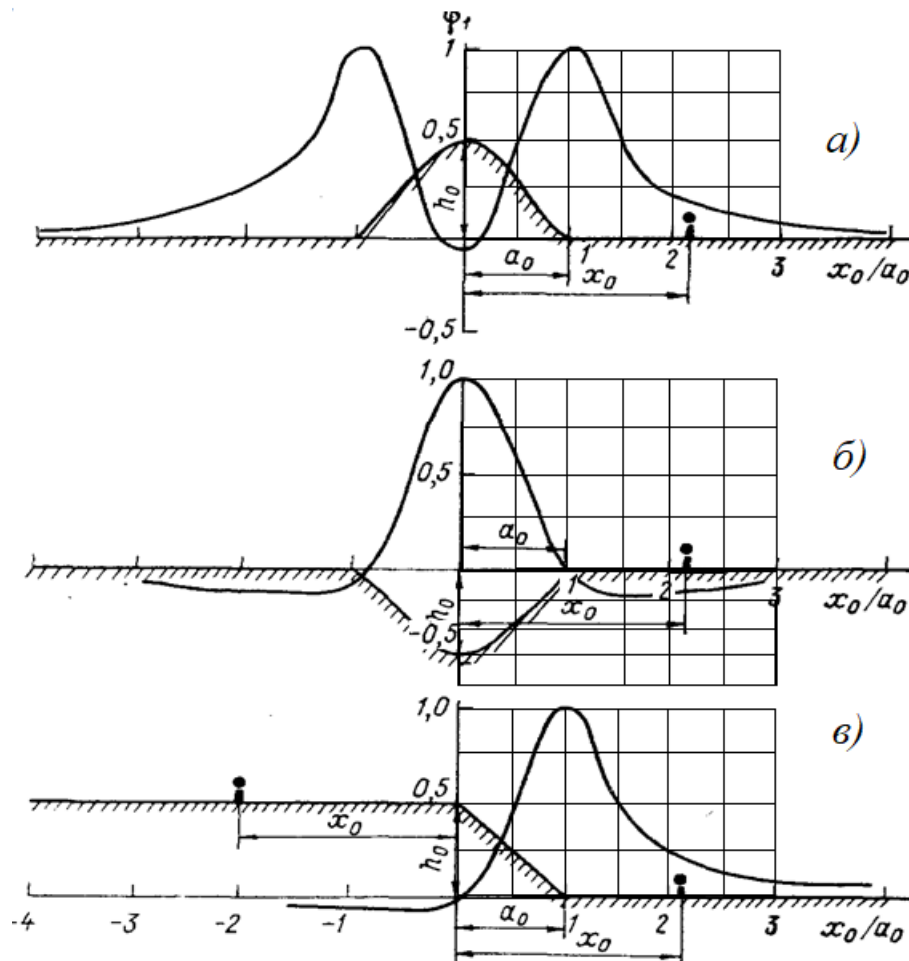


Рисунок 2 – Значення функції  $\varphi_1$  залежно від  $|x_0|/a_0$  для різних форм рельєфу  
 а) – гряда; б) – уловина; в) – уступ

Варіанти для розрахунків завдання подано у таблиці 10.

Таблиця 10 – Варіанти для розрахунків завдання 6

Номер варіанта	Вид форми рельєфу (перешкоди)	Висота (глибина), м	Ширина основи перешкоди (довжина схилу уступу), м	Висота джерела викиу, м	Відстань від джерела до середини (до верхньої кромки схилу) перешкоди, м
		$h_0$	$2a_0(a_0)$	$H$	$x_0$
1	2	3	4	5	6
1	гряда	20	200	50	100
2	гряда	30	350	60	270
3	гряда	20	300	70	150
4	гряда	15	300	40	220
5	гряда	15	120	65	150
6	уловина	15	120	60	60
7	уловина	25	200	25	50

Продовження таблиці 10

1	2	3	4	5	6
8	уловина	20	220	80	160
9	уловина	18	300	50	375
10	уловина	15	290	75	145
11	уступ	15	100	60	50
12	уступ	20	200	35	200
13	уступ	25	390	45	486
14	уступ	30	150	60	225
15	уступ	40	250	15	500
16	гряда	18	160	55	120
17	гряда	35	350	65	88
18	гряда	25	300	75	150
19	гряда	20	300	45	75
20	гряда	15	120	70	120
21	уловина	12	120	60	60
22	уловина	17	200	25	50
23	уловина	23	220	80	160
24	уловина	21	300	50	375
25	уловина	20	290	75	60
26	гряда	17	300	45	75
27	гряда	12	120	70	120
28	гряда	15	120	70	90
29	уловина	15	280	75	80
30	уступ	30	240	12	440

**Завдання 7 Розрахунок приземної концентрації з використанням формул Гаусової моделі**

*Визначити концентрацію шкідливої домішки в трьох точках атмосферного повітря від викиду джерела. У розрахунках використати формули гаусової моделі розсіювання.*

Значення концентрації забруднюючої речовини  $C$ , що викидається з одиночного джерела, розраховують за формулою:

$$C(x, y, z, H) = \frac{M}{2\pi i \sigma_y \sigma_z} \left[ \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \right] \left\{ \exp\left[\frac{-(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right] + \exp\left[\frac{-(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right] \right\},$$

де  $C$  – концентрація в деякій точці з координатами  $x$ ;  $y$ ;  $z$ ;  $\text{г/м}^3$ ;

$M$  – потужність викиду,  $\text{г/с}$ ;

$H$  – висота віртуального джерела (сума геометричної висоти труби і початкового підйому струменя),  $\text{м}$ ;

$u$  – середня швидкість вітру,  $\text{м/с}$ ;

Значення  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  (горизонтальне і вертикальне стандартне відхилення) залежать від видалення точки від джерела у напрямі вітру і від характеру стійкості атмосфери –  $A, B, C, D, E, F$ . Їхню величину визначають по діаграмах, отриманим експериментальним шляхом (рис. 3, а; 3, б).

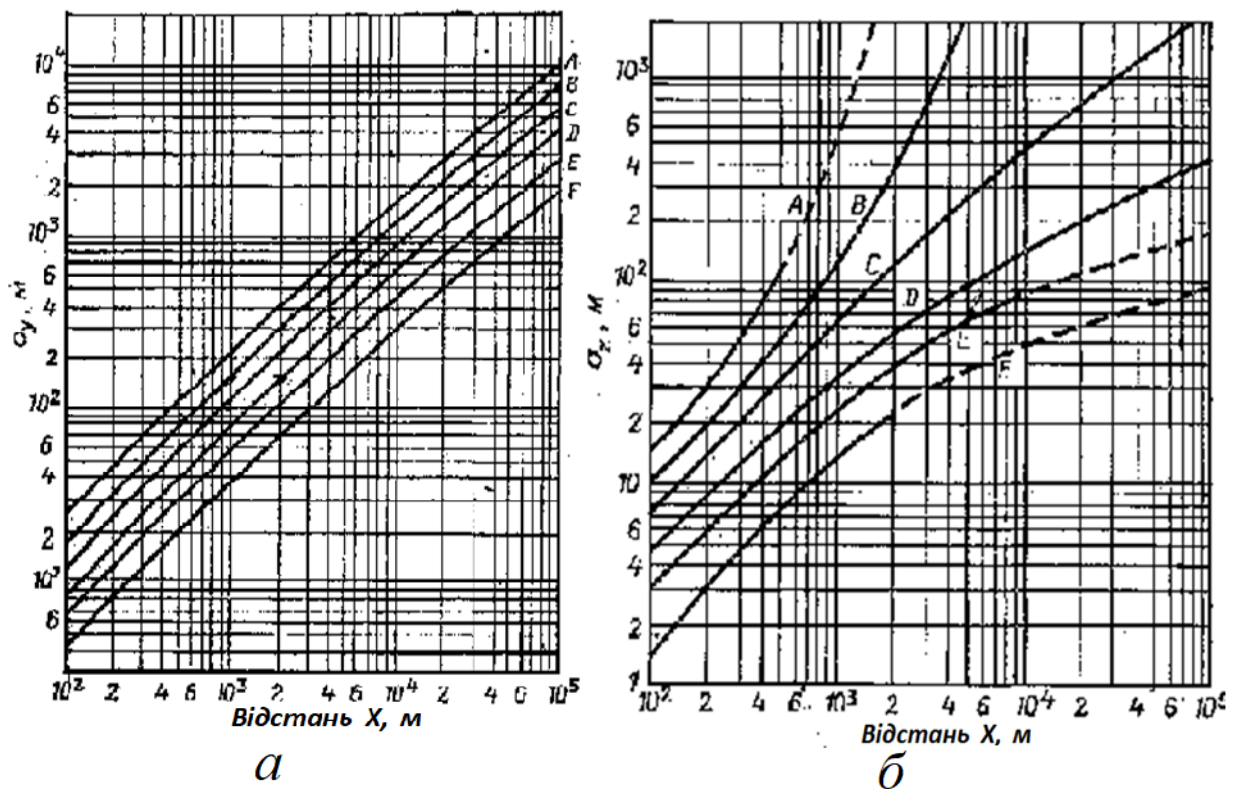


Рисунок 3 – Стандартне відхилення  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  в горизонтальному (а) і вертикальному (б) напрямі

Варіанти для розрахунків завдання подано у таблиці 11.

Таблиця 11 – Варіанти для розрахунків завдання 5

Номер варіанта	$H$ , м	$M$ , г/с	$U$ , м/с	$X$ , м	$Y$ , м	$Z$ , м	Номер точки	Клас стійкості
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	60	1 500	6	500	80	10	1	D
	60	1 500	6	500	0	120	2	D
	60	1 500	6	500	100	0	3	D

Продовження таблиці 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	80	250	8	500	200	0	1	A
	80	250	8	500	100	100	2	A
	80	250	8	500	0	10	3	A
3	50	200	10	5 000	100	100	1	D
	50	200	10	5 000	120	0	2	D
	50	200	10	5 000	0	80	3	D
4	100	2 600	10	10 000	500	0	1	C
	100	2 600	10	10 000	900	100	2	C
	100	2 600	10	10 000	0	200	3	C
5	60	1 500	2	500	90	0	1	D
	60	1 500	2	500	120	10	2	D
	60	1 500	2	500	0	130	3	D
6	115	250	6	500	100	0	1	A
	115	250	6	500	150	80	2	A
	115	250	6	500	80	100	3	A
7	100	400	5	5 000	50	0	1	D
	100	400	5	5 000	150	5	2	D
	100	400	5	5 000	400	15	3	D
8	60	1 500	6	500	150	10	1	D
	60	1 500	6	500	0	120	2	D
	60	1 500	6	500	100	0	3	D
9	80	250	8	500	200	0	1	A
	80	250	8	500	100	100	2	A
	80	250	8	500	0	10	3	A
10	50	200	10	5 000	100	100	1	D
	50	200	10	5 000	120	0	2	D
	50	200	10	5 000	0	80	3	D
11	100	2 600	10	10 000	500	0	1	C
	100	2 600	10	10 000	900	100	2	C
	100	2 600	10	10 000	0	200	3	C
12	60	1 500	2	500	90	0	1	D
	60	1 500	2	500	120	10	2	D
	60	1 500	2	500	0	130	3	D
13	115	250	6	500	100	0	1	A
	115	250	6	500	150	80	2	A
	115	250	6	500	80	100	3	A
14	100	400	5	5 000	50	0	1	D
	100	400	5	5 000	150	5	2	D
	100	400	5	5 000	400	15	3	D
15	35	1 500	6	500	150	10	1	D
	35	1 500	6	500	0	70	2	D
	35	1 500	6	500	100	0	3	D

Продовження таблиці 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
16	60	250	8	500	200	0	1	A
	60	250	8	500	100	100	2	A
	60	250	8	500	0	10	3	A
17	80	200	10	5 000	100	100	1	D
	80	200	10	5 000	120	0	2	D
	80	200	10	5 000	0	80	3	D
18	100	2 600	10	10 000	500	0	1	C
	100	2 600	10	10 000	900	100	2	C
	100	2 600	10	10 000	0	200	3	C
19	100	1 500	2	500	10	0	1	D
	100	1 500	2	500	60	60	2	D
	100	1 500	2	500	0	60	3	D
20	40	250	6	500	100	0	1	A
	40	250	6	500	150	80	2	A
	40	250	6	500	80	100	3	A
21	100	400	5	5 000	50	0	1	D
	100	400	5	5 000	150	5	2	D
	100	400	5	5 000	400	15	3	D
22	80	1 500	6	500	60	10	1	D
	80	1 500	6	500	0	150	2	D
	80	1 500	6	500	70	0	3	D
23	110	250	8	500	200	0	1	A
	110	250	8	500	100	100	2	A
	110	250	8	500	0	10	3	A
24	55	200	10	5 000	100	100	1	D
	55	200	10	5 000	120	0	2	D
	55	200	10	5 000	0	80	3	D
25	95	2 600	10	10 000	500	0	1	C
	95	2 600	10	10 0 00	900	100	2	C
	95	2 600	10	10 000	0	200	3	C
26	45	1 500	2	500	90	0	1	D
	45	1 500	2	500	120	10	2	D
	45	1 500	2	500	0	130	3	D
27	70	250	6	500	100	0	1	A
	70	250	6	500	150	80	2	A
	70	250	6	500	80	100	3	A



### Закінчення таблиці 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
28	120	400	5	5 000	50	0	1	D
	120	400	5	5 000	150	5	2	D
	120	400	5	5 000	400	15	3	D
29	140	250	6	500	100	0	1	A
	140	250	6	500	150	80	2	A
	140	250	6	500	80	100	3	A
30	80	400	5	5 000	50	0	1	D
	80	400	5	5 000	150	5	2	D
	80	400	5	5 000	400	15	3	D

### Завдання 8 Розрахунок фонові концентрації з урахуванням і без урахування вкладу підприємства

Розрахувати фонові концентрації забруднюючої речовини з урахуванням вкладу підприємства ( $C_\phi$ ) і без урахування вкладу підприємства ( $C^1_\phi$ ) за даними виміру концентрацій на посту спостереження. Результати подати в  $\text{мг/м}^3$  і в частках ГДК.

Під час визначення  $C_\phi$  розрахунковим методом за даними вимірів  $q_k$  спочатку обчислюється середнє значення концентрації  $\bar{q}_i$  за формулою:

$$\bar{q}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} q_k,$$

де  $\sum_{k=1}^{n_i}$  – сума всіх значень концентрацій  $q_k$ .

Потім розраховується для концентрації середнє квадратичне відхилення  $S_i$  та коефіцієнт варіації  $V_i$  за формулами:

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n_i} (q_k - \bar{q}_i)^2}{n_i - 1}}; \quad V_i = \frac{S_i}{\bar{q}_i}.$$

Розмір  $C_\phi$  визначається за такою формулою:

$$C_{\phi i} = \bar{q}_i \cdot F_1(V_i),$$

де  $F_1(V_i)$  – функція от  $V_i$ , показана на рисунку 4.

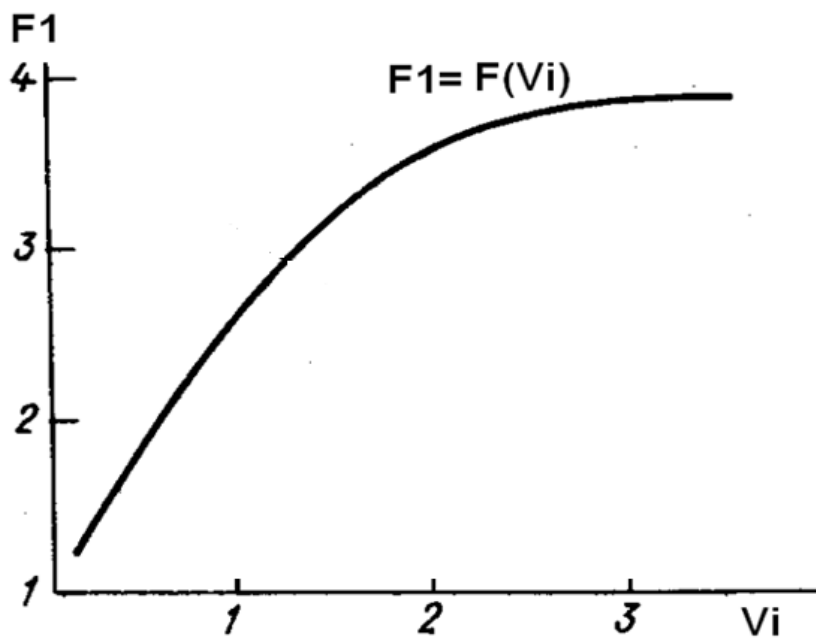


Рисунок 4 – Графік для визначення  $F_1$

Виняток із  $C_\phi$  вкладу підприємства, що розглядається, проводиться за формулами:

$$C'_{\phi} = C_{\phi} \left( 1 - 0,4 \frac{C}{C_{\phi}} \right) \quad \text{при } C \leq 2C_{\phi}$$

$$C'_{\phi} = 0,2C_{\phi} \quad \text{при } C > 2C_{\phi}$$

де  $C'_{\phi}$  – фонові концентрації без урахування підприємства, що розглядається;  
 $C$  – максимальна концентрація, що створюється підприємством у місці розміщення посту спостереження.

Варіанти для розрахунків фонові концентрації подано у таблиці 12.

Таблиця 12 – Варіанти для розрахунків завдання 8

Номер варіанта	Назва забруднюючої речовини	Концентрація забруднюючої речовини, що створюється викидами підприємства на посту спостереження, мг/м <sup>3</sup>	Середнє значення концентрації, мг/м <sup>3</sup>	Середнє квадратичне відхилення, мг/м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5
1	Оксид вуглецю	4,556 0	3,517 9	3,574 3
2	Оксид вуглецю	2,556 0	3,649 2	7,440 0
3	Оксид вуглецю	8,923 0	1,758 9	1,787 1
4	Оксид вуглецю	1,756 0	1,094 8	2,232 0
5	Фенол	0,013 0	0,009 1	0,009 3
6	Фенол	0,035 0	0,006 6	0,006 7
7	Фенол	0,005 1	0,007 6	0,019 4
8	Фенол	0,066 1	0,009 3	0,019 0
9	Двоокис азоту	0,082 3	0,175 9	0,178 7
10	Двоокис азоту	0,024 5	0,087 9	0,089 4
11	Двоокис азоту	0,181 5	0,035 2	0,035 7
12	Двоокис сірки	4,556 0	2,535 7	2,589 2
13	Двоокис сірки	2,556 0	3,134 2	4,826 0
14	Двоокис сірки	8,923 0	1,755 7	1,796 7
15	Двоокис сірки	1,756 0	2,446 6	3,674 4
16	Двоокис азоту	0,024 5	1,090 8	1,109 9
17	Двоокис азоту	0,181 5	1,503 2	3,059 3
18	Оксид вуглецю	4,556 0	3,517 9	3,574 3
19	Оксид вуглецю	2,556 0	3,649 2	7,440 0
20	Оксид вуглецю	1,768 0	1,094 8	2,232 0
21	Фенол	0,013 0	0,009 1	0,009 3
22	Фенол	0,005 1	0,007 6	0,019 4
23	Фенол	0,066 1	0,009 3	0,019 0
24	Двоокис азоту	0,024 5	0,087 9	0,089 4
25	Двоокис азоту	0,181 5	0,035 2	0,035 7
26	Двоокис сірки	4,556 0	2,537 7	2,589 2
27	Двоокис сірки	8,923 0	1,755 7	1,796 7
28	Двоокис сірки	1,756 0	2,446 6	3,674 4
29	Двоокис азоту	0,024 5	1,090 8	1,109 9
30	Двоокис азоту	0,181 5	1,503 2	3,059 3

## Завдання 9 Розрахунок ефективності очищення газів в абсорбері

Визначити мінімальну необхідну масу адсорбенту – активованого вугілля – для очищення газового викиду від двоокису сірки.

Мінімально необхідну масу адсорбенту ( $M$ , кг) визначають з рівняння матеріального балансу з вловлюваного компонента:

$$M \cdot a = K_3 \cdot C_o \cdot Q \times \tau,$$

де  $Q$  – об'ємна витрата газу;

$C_o$  – концентрація вловлюваного компонента;

$\tau$  – час процесу адсорбції;

$K_3$  – коефіцієнт запасу;

$a$  – статична поглинальна здатність.

Для визначення поглинальної здатності адсорбенту використовують залежність адсорбційної здатності  $a$  від парціального тиску  $P$  газового компонента, що поглинається, за постійної температури (ізотерма адсорбції)  $a = f(P)$  при  $T = const$  (рис. 5).

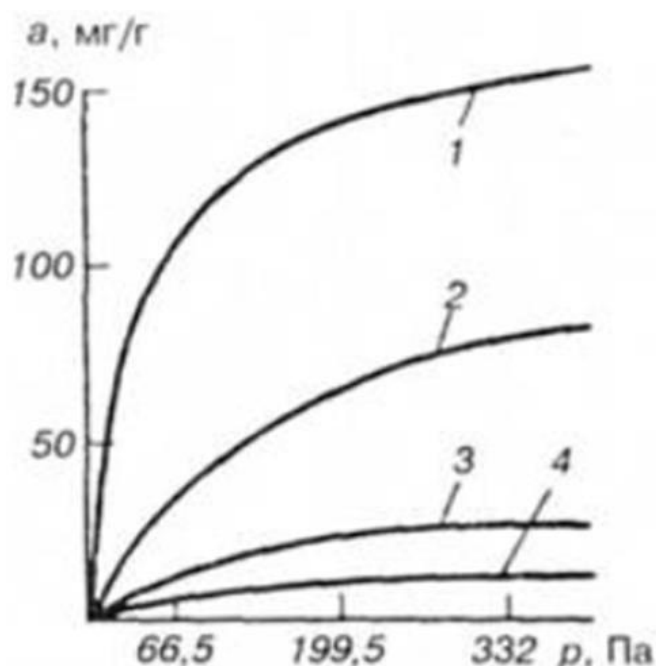


Рисунок 5 – Ізотерми адсорбції  $SO_2$  на активованому вугіллі СТК при різних температурах: 1 – 20°C; 2 – 50°C; 3 – 100°C; 4 – 150°C ( $a$  – маса поглиненої речовини)

Варіанти для розрахунків мінімально необхідної маси адсорбенту подано у таблиці 13.

Таблиця 13 – Варіанти для розрахунків завдання 9

Номер варіанта	$C_o$ , мг/м <sup>3</sup>	$Q_z$ , м <sup>3</sup> /с	$\tau$ , год	$K_z$	$P_{SO_2}$ , Па	$T$ °С
1	1 000	1	4	1,1	66,5	20
2	850	2	4	1,1	66,5	20
3	700	3	4	1,1	66,5	20
4	630	4	4	1,1	66,5	20
5	1 100	5	4	1,1	66,5	20
6	200	10	6	1,2	66,5	50
7	300	9	6	1,2	66,5	50
8	500	8	6	1,2	66,5	50
9	400	7	6	1,2	66,5	50
10	350	6	6	1,2	66,5	50
11	270	5	2	1,15	199,5	20
12	540	4	2	1,15	199,5	20
13	710	6	2	1,15	199,5	20
14	820	8	2	1,15	199,5	20
15	450	10	2	1,15	199,5	20
16	1 000	1	5	1,1	199,5	50
17	850	2	5	1,1	199,5	50
18	700	3	5	1,1	199,5	50
19	630	4	5	1,1	199,5	50
20	1 100	5	5	1,1	199,5	50
21	200	10	3	1,2	332,0	50
22	300	9	3	1,2	332,0	50
23	500	8	3	1,2	332,0	50
24	400	7	3	1,2	332,0	50
25	350	6	3	1,2	332,0	50
26	270	5	7	1,15	332,0	100
27	540	4	7	1,15	332,0	100
28	710	6	7	1,15	332,0	100
29	820	8	7	1,15	332,0	100
30	450	10	7	1,15	332,0	100

## 2 ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Під час підготовки до практичних занять, модульного та підсумкового контролю здобувачі самостійно вивчають лекційний матеріал і ознайомлюються з додатковими джерелами інформації. Для контролю рівня засвоєння теоретичного матеріалу у цих методичних рекомендаціях наведені питання до контролю рівня самостійної підготовки.

### Тема 1 Забруднення атмосфери викидами точкового джерела

1. Назвіть складові атмосферної турбулентності.
2. Назвіть фактори, які зумовлюють динамічну турбулентність.
3. Наведіть схему розподілу концентрації домішки під факелом точкового джерела.
4. Дайте визначення терміна «ефективна (еквівалентна) висота» джерела викиду забруднюючої речовини.
5. Проаналізуйте фактори, що визначають висоту початкового підйому факела.
6. Назвіть мінімальну кількість параметрів, необхідних для розрахунку величини початкового підйому факела.

### Тема 2 Температурний градієнт і стійкість атмосфери

1. Оцініть вплив метеоумов на розсіювання домішок в атмосфері.
2. Проаналізуйте вплив режиму вітру на розсіювання домішок в атмосфері.
3. Дайте визначення терміна «небезпечна швидкість вітру».
4. Охарактеризуйте взаємозв'язок температурної стратифікації і розсіювання домішок в атмосфері.
5. Проаналізуйте взаємозв'язок градієнта температури зі стійкістю атмосфери.
6. Дайте визначення температурної інверсії в атмосфері.
7. Проаналізуйте види інверсій, причини утворення інверсій.
8. Наведіть приклади утворення інверсій у нижньому шарі тропосфери.
9. Проаналізуйте взаємозв'язок температурного профілю приземної атмосфери і форми струменя диму від одиночного джерела.
10. Поясніть термін «потенціал забруднення атмосфери».

### **Тема 3 Оцінка ризику виникнення канцерогенного ефекту від шкідливої домішки в атмосферному повітрі**

1. Проаналізуйте основні джерела небезпечного забруднення атмосфери міста.
2. Проаналізуйте показники, які використовуються для оцінки рівня забруднення атмосферного повітря міста.
3. Проаналізуйте наслідки дії небезпечного забруднення атмосферного повітря міста.
4. Проаналізуйте основні положення класифікації надзвичайних ситуацій на Україні.
5. Проаналізуйте основні складові методології оцінки ризику.
6. Проаналізуйте основні етапи схеми оцінки ризику і їхній зміст.
7. Наведіть приклад визначення характеристики неканцерогенного ризику. Коефіцієнт і індекс безпеки.
8. Наведіть приклад визначення характеристики канцерогенного ризику. Індивідуальний і популяційний ризику.
9. Охарактеризуйте параметри для оцінки канцерогенного і неканцерогенного ризику в методології оцінки ризику.

### **Тема 4 Теорія атмосферної дифузії. Основні положення методики ОНД-86**

1. Проаналізуйте основні положення теорії атмосферної дифузії.
2. Яким показником визначається ступінь забруднення атмосферного повітря у методиці ОНД86?
3. Наведіть алгоритм розрахунку забруднення атмосфери викидами одиночного джерела з круглим перетином.
4. Наведіть алгоритм розрахунку забруднення атмосфери викидами одиночного джерела з прямокутним перетином і лінійного джерела (аераційний ліхтар).
5. Яким параметром та за яких умов у методиці враховується рельєф місцевості?
6. Поясніть значення терміна «зона впливу джерела (підприємства)».
7. Поясніть, що передбачає вираз «вирішення зворотних завдань»?

## Тема 5 Розрахунок приземної концентрації від викидів декількох джерел

1. Наведіть алгоритм розрахунку приземної концентрації забруднюючої речовини в атмосфері  $C_x$  викидами одиночного джерела в точках по осі факела на відстані  $X$ , відмінній від  $X_m$ .
2. Наведіть алгоритм розрахунку приземної концентрації забруднюючих речовин в атмосфері  $C_y$  викидами одиночного джерела в точках по перпендикуляру до осі факела викиду.
3. Від яких параметрів залежить коефіцієнт  $S_1$  у формулі  $C_x = S_1 C_m$ ?
4. Від яких параметрів залежить коефіцієнт  $S_2$  у формулі  $C_y = S_2 C_x$ ?

## Тема 6 Вплив характеру рельєфу місцевості на рівень забруднення атмосфери

1. Поясніть умови врахування впливу рельєфу місцевості при розрахунку забруднення атмосфери.
2. Поясніть алгоритм визначення коефіцієнта рельєфу для джерел викиду, розташованих у зоні впливу кількох ізольованих перешкод.
3. Як чином враховують вплив рельєфу місцевості під час визначення відстані  $X_m$ , де досягається максимум приземної концентрації?
4. Проаналізуйте формулу розрахунку коефіцієнта рельєфу, які параметри необхідні для розрахунку.

## Тема 7 Гаусова модель розрахунку концентрацій домішок в атмосфері

1. Проаналізуйте основні положення Гаусової моделі розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.
2. Прокоментуйте основні припущення у Гаусовій моделі.
3. Наведіть приклади практичного застосування рівнянь Гаусової моделі для розрахунку концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.
4. Дайте порівняльну характеристику категорій (клас стійкості) атмосфери по *Тернеру і Паскуїллу*.
5. Наведіть алгоритм визначення максимуму приземної концентрації та її положення.
6. Наведіть алгоритм розрахунку інтенсивності випадання аерозольних частинок у Гаусової моделі розсіювання.



## **Тема 8 Фонове забруднення атмосферного повітря**

1. Дайте визначення терміну «фонова концентрація забруднюючої речовини в атмосферному повітрі».
2. Проаналізуйте умови визначення фонової концентрації ( $C_f$ ) за даними постів спостережень.
3. Покажіть алгоритм визначення  $C_f$  розрахунковим методом і графічним методом.
4. Які існують форми подання фонової концентрації забруднюючих речовин по посту спостереження.
5. Прокоментуйте порядок визначення фонової концентрації для речовин односпрямованої дії.
6. Наведіть приклади виключення з  $C_f$  вкладу діючого підприємства при розрахунках забруднення атмосферного повітря.

## **Тема 9 Технології скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферу**

1. Проаналізуйте основні заходи щодо зниження забруднення атмосферного повітря міського середовища.
2. Проаналізуйте основні шляхи скорочення промислових викидів.
3. Дайте порівняльну характеристику промислових способів очищення газів від газо- і пароподібних домішок.
4. Дайте порівняльну характеристику промислових способів очищення газів від аерозолів.
5. Проаналізуйте сорбційні способи очищення промислових викидів.
6. Проаналізуйте сухі інерційні способи очищення промислових викидів.
7. Проаналізуйте джерела і компонентний склад викидів від автотранспорту.
8. Проаналізуйте основні шляхи підвищення екологічних показників автотранспорту.
9. Наведіть схему роботи нейтралізаторів, що використовуються на автотранспорті.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження методичних рекомендацій «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#Text>, вільний (дата звернення: 15.04.2024). – Назва з екрана.

2. Екологічна безпека : підручник / В. М. Шмандій, М. О. Клименко, Ю. С. Голік, А. М. Прищеп, В. С. Бахарев, О. В. Харламова. – Кременчук : КНУ, 2011. – 337 с.

3. Софт фонд [Електрон. ресурс] : сайт. – Оновлюється постійно. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <http://www.sfund.kiev.ua/ukr/products/ecology.htm#eol%202000h>, вільний (дата звернення: 16.03.2024). – Назва з екрана.

4. Экология города / Под ред. Ф. В. Стольберга – Киев : Либра, 2000. – 464 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступу: <https://koha.kname.edu.ua/cgi-bin/koha/opac-ISBDdetail.pl?biblionumber=1559>, вільний).

5. Бекетов В. Є. Дистанційний курс «Технології захисту атмосферного повітря міст» на платформі Moodle [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст дані. – Режим доступу: <https://dl.kname.edu.ua/course/view.php?id=1159>, вільний (дата звернення: 15.04.2024). – Назва з екрана.

6. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>, вільний (дата звернення: 15.04.2024). – Назва з екрана.

Методичні рекомендації

до проведення практичних занять і організації самостійної роботи  
з навчальної дисципліни

**«ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти  
всіх форм навчання зі спеціальності  
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Укладач **БСКЕТОВ** Володимир Єгорович

Відповідальний за випуск *Д. В. Дядін*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2021, поз. 130М

---

Підп. до друку 08.05.2024. Формат 60 × 84/16.  
Ум. друк арк. 2,0.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: office@kname.edu.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017