

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

**«МЕТОДОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МІСТ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 101 – Екологія)*

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

Методичні рекомендації до проведення практичних занять і організації самостійної роботи з навчальної дисципліни «Методологія прогнозування забруднення атмосферного повітря міст» (для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 101 – Екологія) / Харків. нац. ун-т міськ. гос-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. В. Є. Бекетов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 23 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 ефективної висоти джерела викиду	5
Завдання 2 Визначення характеру стійкості атмосфери за умовною шкалою градсентів.....	7
Завдання 3 Розрахунок приземної концентрації забруднюючих речовин за методикою ОНД 86	9
Завдання 4 Розрахунок приземної концентрації забруднюючих речовин з використанням Гаусової моделі	11
Завдання 5 Розрахунок фонові концентрації.....	14
Завдання 6 Розрахунок гранично допустимого викиду для джерела забруднення атмосфери.....	16
2 ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	18
Тема 1 Атмосферна турбулентність і факел точкового джерела викиду забруднень в атмосферу.....	18
Тема 2 Вплив кліматичних чинників на забруднення атмосфери. Стійкість і стратифікація атмосфери.....	19
Тема 3 Розрахунок концентрацій в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, методика ОНД-86	19
Тема 4 Гаусова модель розрахунку концентрацій домішок в атмосфері	20
Тема 5 Фонові концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі.....	20
Тема 6 Нормативи гранично допустимого викиду для стаціонарних джерел	20
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	22

ВСТУП

Дисципліна «Методологія прогнозування забруднення атмосферного повітря» (згідно з навчальним планом підготовки магістра) є фаховою і вивчається студентами протягом одного семестру.

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

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

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

Методичні рекомендації складаються з двох частин і побудовані таким чином:

1. Подається приклад вирішення практичних завдань та теоретичні відомості, необхідні для розв'язання розрахункових завдань.
2. Надаються варіанти до розрахункових завдань. Номер варіанта для кожного студента визначає викладач.
3. Подаються питання для контролю засвоєння теоретичного матеріалу з відповідної тематики заняття.

1 РОЗРАХУНКОВІ ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Завдання 1 Розрахунок ефективної висоти джерела викиду

Визначити ефективну висоту джерела викиду при наступних заданих умовах: діаметр гирла джерела D ; об'ємна витрата газу V_0 (нормальні умови); температура атмосферного повітря T_a ; температура і тиск газового викиду T_2 і P_2 , атмосферний тиск на висоті гирла джерела $P_{атм}^H$; швидкість вітру U .

Викиди з джерел зазвичай мають початкову швидкість підйому і перегріві 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 Δh – висота початкового об'єму, м;

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

Значення Δh розраховують за формулою:

$$\Delta h = \frac{3,75w_0R_0}{u} + \frac{1,6gV_1(T_2 - T_a)}{T_a u^3},$$

де w_0 – швидкість газів на виході з джерела, м/с;

R_0 – радіус гирла джерела, м;

U – швидкість вітру, м/с;

V_1 – об'ємна витрата димових газів (фізичні умови), м³/с;

ΔT – перегрівання газів відносно навколишнього повітря, °К;

T_a – температура навколишнього атмосферного повітря, °К.

Фізичний об'єм $V_1 = V_2$ визначають за формулою

$$\frac{V_2 P_2}{T_2} = \frac{V_0 P_0}{T_0},$$

де V_2, P_2, T_2 – об'єм, атмосферний тиск, температура (фізичні умови);

V_0, P_0, T_0 – об'єм, атмосферний тиск, температура (нормальні умови).

Реальну висоту джерела H визначають з використанням міжнародної барометричної формули:

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

де H – висота, для якої визначається тиск $P^H_{атм}$, 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 розрахунку завдання 1

Номер варіанта	D, м	V ₀ , м ³ /с (н.у.)	T _а , °С	T _г , °С	P _г , кПа	P ^H _{атм} , 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

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
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
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 Визначення характеру стійкості атмосфери за умовною шкалою градієнтів

Визначити характер стійкості атмосфери 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 .

Характер стійкості атмосфери визначають шляхом порівняння адіабатичного температурного градієнта ($-1\text{ }^\circ\text{C}/100\text{м}$) і реального (фактичного) температурного градієнта в атмосфері. В завданні використовується умовна шкала, 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 $-0,0066\text{ }^\circ\text{C}/\text{м}$, а температура на рівні моря – $-288\text{ }^\circ\text{C}$.

Таблиця 2 – Умовна шкала характеру стійкості атмосфери

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

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

Варіанти для розрахунку завдання подано в таблиці 3.

Таблиця 3 – Варіанти для розрахунку 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 Розрахунок приземної концентрації забруднюючих речовин за методикою ОНД 86

Визначити максимальні значення приземної концентрації C_m , мг/м^3 (далі – ГДК) для трьох домішок і сумарії. Концентрація C_{CO} , C_{SO_2} , C_{NO_2} (мг/м^3) подана на гирлі труби. У розрахунках прийняти, що т. п. $\eta = 1$.

Значення концентрації забруднюючої речовини C_m (мг/м^3), що викидається з окремого джерела з круглим гирлом, визначають за формулою

$$C_m = \frac{AMFtn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}},$$

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;

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

η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості;

H – висота джерела викиду над рівнем землі, м .

Концентрації для речовин односпрямованої дії розраховують за формулами

$$C_{SO_2+NO_2} = C_{SO_2} + C_{NO_2} \frac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{NO_2}}, \frac{\text{мг}}{\text{м}^3},$$

$$q_{SO_2+NO_2} = \frac{C_{SO_2}}{ПДК_{SO_2}} + \frac{C_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}}, \text{ частки ГДК.}$$

Варіанти для розрахунку завдання подано в таблиці 4.

Таблиця 4 – Варіанти для розрахунку завдання 3

Номер варіанта	D, м	W ₀ , м/с	H, м	T _в , °C	T _г , °C	A	C _{CO}	C _{SO₂}	C _{NO₂}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1,5	7,00	20,0	25	45	210	3 200	160	20
2	0,8	4,50	15,0	35	60	160	320	300	120
3	0,6	12,00	10,0	10	40	140	400	950	450

Продовження таблиці 4

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
4	0,4	11,00	8,0	20	50	180	950	180	110
5	0,3	8,00	10,0	25	100	180	600	800	130
6	0,5	4,50	7,0	10	90	200	1 000	46	80
7	0,8	11,00	35,0	15	80	200	6 000	3 500	180
8	1,5	7,00	60,0	20	70	160	4 000	6 500	250
9	2,5	4,50	80,0	35	60	160	700	4 500	1 800
10	3,0	6,00	120,0	10	40	160	10 000	6 500	500
11	2,0	7,50	25,0	20	50	220	3 300	260	70
12	1,3	5,00	20,0	30	65	170	420	400	170
13	1,1	12,50	15,0	5	45	150	500	1050	500
14	0,9	11,50	13,0	15	55	190	1050	280	160
15	0,8	8,50	15,0	20	105	190	700	900	180
16	1,0	5,00	12,0	5	95	210	1 100	146	130
17	1,3	11,50	40,0	10	85	210	6 100	3 600	230
18	2,0	7,50	65,0	15	75	170	4 100	6 600	300
19	3,0	5,00	85,0	30	65	170	800	4 600	1850
20	3,5	6,50	125,0	5	45	170	3 400	6 600	550
21	2,5	8,00	30,0	12	60	230	520	360	100
22	1,8	5,50	25,0	22	75	180	600	500	200
23	1,6	13,00	20,0	27	55	160	1 150	1 150	530
24	1,4	12,00	18,0	12	65	200	800	380	190
25	1,3	9,00	20,0	17	115	200	1 200	1 000	210
26	1,5	5,50	17,0	22	105	220	6 200	246	160
27	1,8	12,00	45,0	37	95	220	4 200	3 700	260
28	2,5	8,00	70,0	12	85	180	900	6 700	330
29	3,5	5,50	90,0	22	75	180	10 200	4 700	1 880
30	4,0	7,00	130,0	32	55	180	3 500	6 700	580

Завдання 4 Розрахунок приземної концентрації забруднюючих речовин з використанням Гаусової моделі

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

Значення концентрації забруднюючої речовини C , що викидається з окремого джерела, встановлюється за формулою

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

де C – концентрація в деякій точці з координатами x ; y ; z , г/м³;

M – потужність викиду, г/с;

H – висота віртуального джерела (сума геометричної висоти труби і початкового підйому струменя), м;

u – середня швидкість вітру, м/с

σ_y , σ_z – горизонтальне і вертикальне стандартне відхилення концентрацій забруднюючої речовини.

Значення σ_y , σ_z залежать від віддалення точки від джерела у напрямі вітру і від характеру стійкості атмосфери – А, В, С, D, Е, F. Їх величину визначають за діаграмами, отриманими експериментальним шляхом (рис. 1, а; 1, б).

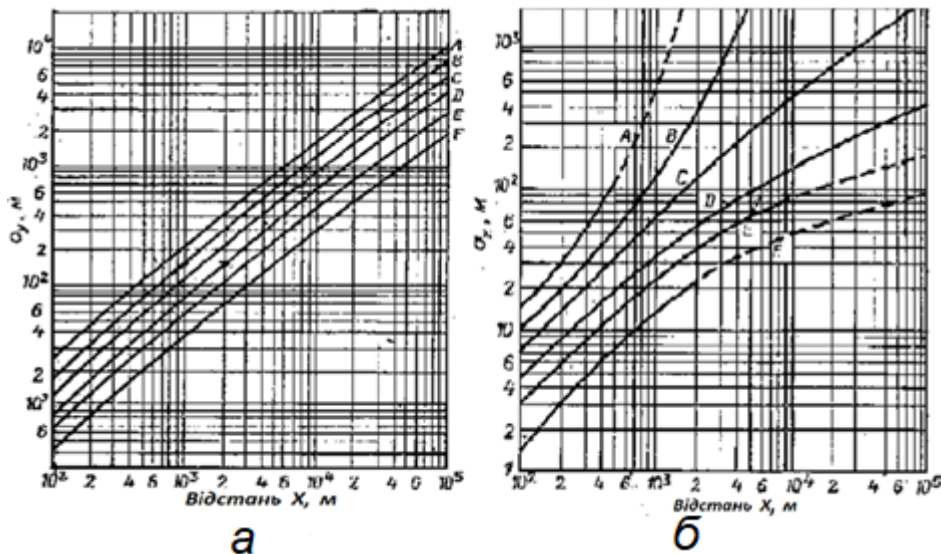


Рисунок 1 – Стандартне відхилення σ_y , σ_z : а – у горизонтальному напрямі; б – у вертикальному напрямі

Варіанти для розрахунку завдання подано в таблиці 5.

Таблиця 5 – Варіанти для розрахунку завдання 4

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
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

Продовження таблиці 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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
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	10 000	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 5

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 5 Розрахунок фонові концентрації

Розрахувати фонові концентрації забруднюючої речовини з урахуванням вкладу підприємства (C_f) і без урахування вкладу підприємства (C^1_f) за даними виміру концентрацій q_k на посту спостереження. Результати представити в mg/m^3 і в частках ГДК.

При визначенні C_f 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 для концентрації розраховується 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_f визначається за такою формулою:

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

де $F_1(V_i)$ – функція від V_i , зображена на рисунку 2.

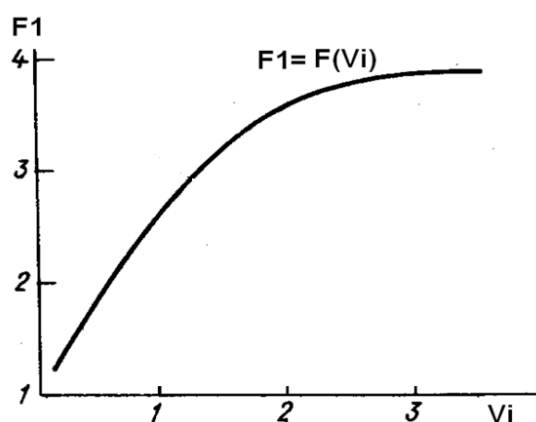


Рисунок 2 – Графік для визначення F_1

Виняток із C_ϕ 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^I_ϕ – фонові концентрації без урахування підприємства, що розглядається;

C – максимальна концентрація, що створюється підприємством у місці розміщення поста спостереження.

Варіанти для розрахунку завдання подано в таблиці 6.

Таблиця 6 – Варіанти для розрахунку завдання 5

Номер варіанта	Забруднююча речовина	C	\bar{q}_i	S_i
		мг/м ³	мг/м ³	мг/м ³
1	2	3	4	5
1	Оксид вуглецю	4,556 0	3,157 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

Продовження таблиці 6

1	2	3	4	5
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 азоту	4,556 0	2,535 7	2,589 2
13	Двоокис азоту	2,556 0	3,134 2	1,000 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 сірки	0,024 5	1,090 8	1,109 9
17	Двоокис сірки	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 6 Розрахунок гранично допустимого викиду для джерела забруднення атмосфери

Визначити гранично допустимий викид (далі – ГДВ) (г/с) забруднюючої речовини від джерела викиду. Відомі параметри джерела і фонові концентрації забруднюючої речовини. У розрахунках прийняти, що $m \cdot n \cdot H = 1$.

ГДВ джерела встановлюють з умови, що викиди шкідливих речовин від цього джерела в сумі з фоновою концентрацією не створюють приземну концентрацію, що перевищує ГДК_{мр} на межі та за межами санітарно-захисної зони:

$$C_m + C_{\phi} \leq \text{ГДК}_{\text{мр}},$$

де C_m – максимальна приземна концентрація забруднюючої речовини від розрахункового джерела;

C_{ϕ} – фонова концентрація цієї ж речовини;

$\text{ГДК}_{\text{мр}}$ – гранично-допустима максимальна разова концентрація забруднюючої речовини.

ГДВ розраховують за формулою

$$\text{ГДВ} = \frac{(\text{ГДК}_{\text{мр}} - c_{\phi})H^2}{AFm\eta} \sqrt[3]{V_1 \Delta T}, \text{ Г/с.}$$

Варіанти для розрахунку завдання подано в таблиці 7.

Таблиця 7 – Варіанти для розрахунку завдання б

Номер варіанта	D, м	W _о , м/с	H, м	T _а , °C	T _г , °C	A	Забруднююча речовина	C _ф , мг/м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1,0	20,0	50,0	20	70	180	Вуглецю оксид	0,015
2	0,5	15,0	40,0	15	65	200		0,050
3	0,5	10,0	35,0	10	70	160		0,050
4	1,5	8,0	60,0	18	95	160		0,050
5	0,8	12,0	40,0	5	85	200		0,050
6	1,2	8,0	40,0	25	120	160		0,050
7	0,8	8,0	25,0	25	70	140		0,050
8	2,0	5,0	60,0	15	120	160		0,050
9	1,0	5,0	25,0	5	140	140		0,050
10	1,2	7,0	35,0	10	100	140		0,050
11	1,5	9,0	45,0	15	80	160	Азоту двоокис	0,100
12	1,8	11,0	15,0	20	60	160		0,100
13	2,0	4,5	25,0	25	70	180		0,100
14	2,5	5,8	35,0	30	50	180		0,100
15	3,0	7,5	45,0	18	60	180		0,100
16	3,5	8,0	60,0	12	80	200		0,100

Продовження таблиці 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
17	4,0	1,5	100,0	16	90	200		0,100
18	3,7	0,8	80,0	20	120	200		0,100
19	2,5	6,0	60,0	30	140	210		0,100
20	1,8	9,0	25,0	17	160	210		0,100
21	1,5	7,0	20,0	25	45	210		0,125
22	0,8	4,5	15,0	35	60	160		0,125
23	0,6	12,0	10,0	10	40	140		0,125
24	0,4	11,0	8,0	20	50	180		0,125
25	0,3	8,0	10,0	25	100	180	Ангідрид сірчистий	0,125
26	0,5	4,5	7,0	10	90	200		0,125
27	0,8	11,0	35,0	15	80	200		0,125
28	1,5	7,0	60,0	20	70	160		0,125
29	2,5	4,5	80,0	35	60	160		0,125
30	3,0	6,0	120,0	10	40	160		0,125

2 ЗАВДАННЯ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

При підготовці 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 щодо контролю рівня самостійної підготовки.

Тема 1 Атмосферна турбулентність і факел точкового джерела викиду забруднень в атмосферу

1. Назвіть складові атмосферної турбулентності.
2. Якими факторами зумовлена динамічна турбулентність?
3. Наведіть схему розподілу концентрації домішки під факелом точкового джерела.
4. Перелічіть фактори, що впливають на розсіювання домішки в атмосфері.
5. Проаналізуйте фактори, що визначають висоту початкового підйому факела.
6. Назвіть мінімальну кількість параметрів, необхідних для розрахунку величини початкового підйому факела.

Тема 2 Вплив кліматичних чинників на забруднення атмосфери. Стійкість і стратифікація 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 з 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. Проаналізувати взаємозв'язок температурного профілю приземної атмосфери і форми струменя диму від одиночного джерела.
10. Поясніть термін «потенціал забруднення атмосфери».

Тема 3 Розрахунок концентрацій в атмосферному повітрі забруднюючих речовин, методика 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 4 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. Подайте порівняльну характеристику категорій (клас стійкості) атмосфери за *Тернером і Паскуиллом*.
5. Наведіть алгоритм визначення максимуму приземної концентрації та її положення.
6. Наведіть алгоритм розрахунку інтенсивності випадання аерозольних частинок у Гаусової моделі розсіювання.

Тема 5 Фонові концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

1. Подайте визначення терміна «*фонова концентрація забруднюючої речовини в атмосферному повітрі*».
2. Проаналізуйте алгоритм визначення фонові концентрації (Сф) за даними постів спостережень.
3. Покажіть алгоритм визначення Сф розрахунковим методом і графічним методом.
4. Які існують форми подання фонові концентрації забруднюючих речовин по посту спостереження.
5. Прокоментуйте порядок визначення фонові концентрації для речовин односпрямованої дії.
6. Наведіть приклад виключення із Сф вкладу діючого підприємства при розрахунках забруднення атмосферного повітря.

Тема 6 Нормативи гранично допустимого викиду для стаціонарних джерел

1. Поясніть термін «*гранично допустимий викид*» забруднюючої речовини в атмосферне повітря
2. Для яких цілей виконують інвентаризацію викидів забруднюючих речовин в атмосферу? Які методи використовують під час виконання?
3. Яка мета державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря?

4. Назвіть критерії взяття об'єктів (підприємств) на державний облік.
5. Прокоментуйте порядок видачі та термін дії дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферу.
6. Що розуміють під терміном *«оцінка впливу на довкілля»*?
Призначення, процедура отримання, зміст документа.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Экология города / Под ред. Стольберга Ф. В. – Киев : Либра, 2000. – 464 с.– Существует электрон. версия. – (Режим доступа: <http://koha.kname.edu.ua/cgi-bin/koha/opac-ISBDdetail.pl?biblionumber=1559>, свободный).
2. Моніторинг довкілля : підручник / за ред. В. М. Боголюбова, Т. А. Сафранова. – Херсон : Грінь Д. С., 2013. – 530 с. – Існує електрон. версія. (Режим доступа: <http://koha.kname.edu.ua/cgi-bin/koha/opac-ISBDdetail.pl?biblionumber=127464>, вільний).
3. Бекетов В. Є. Дистанційний курс «Методологія прогнозування забруднення атмосферного повітря міст» на платформі Moodle [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст дані. – Режим доступа: <https://dl.kname.edu.ua/course/view.php?id=814>, вільний (дата звернення: 26.01.2024). – Назва з екрана.

Методичні рекомендації
до проведення практичних занять і організації самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«МЕТОДОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ
МІСТ»**

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання
зі спеціальності 101 – Екологія)*

Укладач **БЕКЕТОВ** Володимир Єгорович

Відповідальний за випуск *Д. В. Дядін*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання

План 2021, поз. 129М

Підп. до друку 12.02.2024. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк арк. 1,3.

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.