

Лабораторна робота №2

Тема: Розподіл концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері

Мета: ознайомитися з методикою розрахунків приземних концентрацій забруднювачів при роботі одиночного джерела викиду; оволодіти методикою і прийомами розрахунку.

Теоретичні відомості

У басейні річки розташоване підприємство, яке є стаціонарним джерелом забруднення атмосферного повітря. Для визначення впливу цього підприємства на повітряний басейн над територією, що підлягає моніторингу, необхідно організувати систему спостереження і контролювання. З цією метою необхідно здійснити:

1. Характеристику джерел забруднення атмосферного повітря в басейні річки: потрібно коротко охарактеризувати об'єкт забруднення, забруднюючі речовини, що викидаються підприємством в атмосферу, їх вплив на навколишнє середовище та здоров'я людей, визначити клас шкідливості підприємства та зробити план стандартної санітарно-захисної зони.

2. Визначити розподіл концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері.

Він підпорядковується законам турбулентної дифузії. На розсіювання викидів суттєво впливає стан атмосфери, розміщення підприємства і характеристика джерел викидів (висота джерела, діаметр гирла тощо), особливості місцевості, фізичні та хімічні властивості речовин, що викидаються. Горизонтальне переміщення суміші визначається, як правило, швидкістю вітру, а вертикальне - розподілом температур у вертикальному напрямку.

З віддаленням від джерела викиду (труби) в напрямку розподілу промислових викидів виокремлюють три зони забруднення атмосфери:

1) зону перекиду факела викидів (вона характеризується невисоким вмістом шкідливих речовин у приземному шарі повітря);

2) зону задимлення з максимальним вмістом шкідливих речовин (ця зона найнебезпечніша для населення), яка залежить від метеорологічних умов і може бути розміщена у межах 10-49 висот джерела викиду (труби) від забудови;

3) зону поступового зниження рівня забруднення. Значення максимальної приземної концентрації прямо пропорційне до обсягу викидів з джерела і обернено пропорційне квадрату висоти джерела викиду (труби) над землею. Підйом гарячих потоків майже повністю зумовлений підйомною силою газів, що мають вищу температуру, ніж навколишнє повітря.

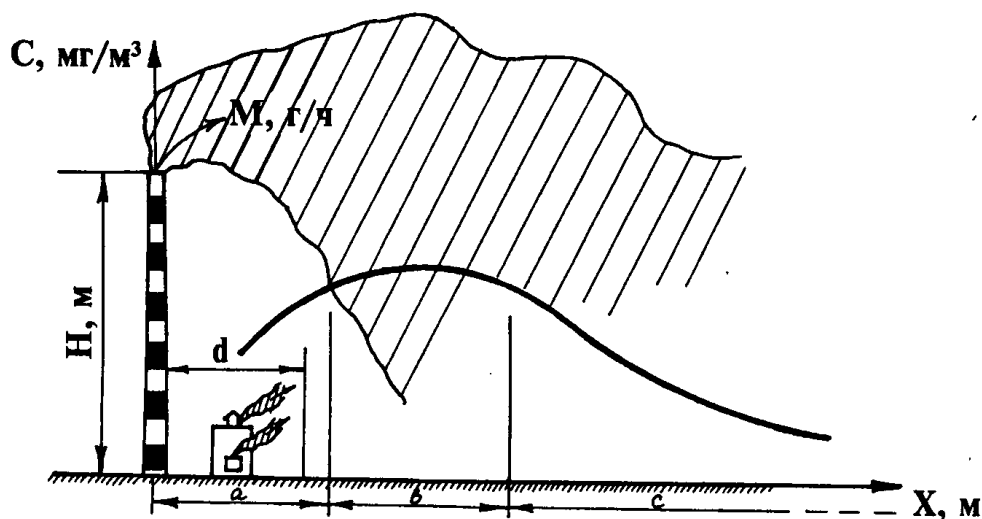


Рисунок 1 – Розповсюдження концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери під факелом точкового джерела:

- a — зона перекиду факела;
- b — зона задимлення;
- c — зона поступового зниження рівня забруднення;
- d — зона забруднення неорганізованими викидами.

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини C_m (мг/м³) при викиді газоповітряної суміші з одиничного джерела з круглим гирлом, яке досягається за несприятливих умов на відстані X_m (м) від джерела, визначають за формулою:

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

де A — коефіцієнт, що враховує частоту температурних інверсій; для розміщених в Україні джерел висотою менше 200 м у зоні від 50° до 52° п. ш. — **180** (Чернігівська, Сумська, Київська, Волинська, Рівненська, Житомирська області), а південніше 50° п. ш. — **200**;

M — маса шкідливої речовини, викинутої в атмосферу за одиницю часу, г/с;

F — коефіцієнт швидкості осідання шкідливих речовин в атмосфері (для газів — 1, для пари — 2, для пилу — 3);

H — висота джерела викиду, м (для наземних джерел $H = 2$ м);

η — коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості. Якщо місцевість рівна або з перепадом висот, які не перевищують 50 м на 1 км, приймають $\eta = 1$;

$\Delta T (^{\circ}\text{C})$ — різниця між температурою, що викидається газоповітряною сумішшю T_r і температурою навколишнього атмосферного повітря T_n ;

V_1 ($\text{м}^3/\text{с}$) — витрата газоповітряної суміші, яку визначають за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (2)$$

де D - діаметр гирла труби, м; ω_0 - середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, м/с;

m і n - коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, їх визначають залежно від параметрів f ; f_e ; V_m ; V_m' :

$$f = 1000 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad (3)$$

$$V_m' = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H}; \quad (4)$$

$$f_e = 800 \cdot (V_m')^3; \quad (5)$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad (6)$$

де V_m — небезпечна швидкість вітру, V_m' — швидкість вітру, за якої приземні концентрації мають найбільші значення.

Коефіцієнт m визначають залежно від f за формулою:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \text{ при } f < 100; \quad (7)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}, \quad \text{при } f \geq 100. \quad (8)$$

Для $f_e < f < 100$ значення коефіцієнта m знаходять при $f = f_e$.

Коефіцієнт n при $f < 100$ визначається залежно від V_m :

$$(a) \quad n = 4,4 V_m, \text{ при } V_m < 0,5; \quad (9)$$

$$(b) \quad n = 0,532 V_m^2 - 2,13 V_m + 3,13, \text{ при } 0,5 \leq V_m < 2; \quad (10)$$

$$(v) \quad n = 1, \text{ при } V_m \geq 2. \quad (11)$$

При $f \geq 100$ або $\Delta T \approx 0$ ($V_m' = 0,5$ (холодні викиди)) коефіцієнт n обчислюється так:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot K; \quad (12)$$

$$K = \frac{D}{8 \cdot V_1} = \frac{1}{7,1 \cdot \sqrt{\omega_0 \cdot V_1}}. \quad (13)$$

Коефіцієнт n розраховують за формулами (а) або (в) при $V_m = V_m'$.

Усі вихідні дані та розрахунки зводять у таблицю за певною формою (див. табл.1).

Таблиця 1

Результати розрахунків максимальних приземних концентрацій

Назва забруд. речовин	Маса викиду, г/с	Висота джерела викиду, м	Витрата газової суміші, м ³ /с	Коефіцієнти									C _{max} , мг/м ³	C _{ГДК, макс. раз.} , мг/м ³	C _{ГДК, сер.доб.} , мг/м ³
				A	F	η	m	n	f	V _м	V _м	f _e			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Для прикладу розглянемо й заповнимо таблицю 1 вихідними даними та обчисленнями щодо заводу з виробництва азбесту. Усі зведені дані й розрахунки подамо у вигляді табл.. 2.

Як видно з таблиці 2, концентрації таких речовин, як сірчаний газ, сірководень і пил нетоксичний перевищують значення максимально разових і середньодобових ГДК.

Після цих розрахунків визначають відстань, на якій формується максимальна приземна концентрація.

Відстань X_m (м) (табл. 3) від джерела викидів, на яких приземна концентрація C за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення C_m , визначають за формулами:

$$\text{якщо } F < 2, \text{ то } X_m = dH; \quad (14)$$

$$\text{якщо } F \geq 2, \text{ то } X_m = \frac{5-F}{4} \cdot d \cdot H. \quad (15)$$

Значення безрозмірного параметру d знаходять за формулами (при $f < 100$):

$$d = 2,48(1 + 0,28 \sqrt[3]{f}), \text{ при } V_m \leq 0,5; \quad (16)$$

$$d = 4,95V_m(1 + 0,28 \sqrt[3]{f}), \text{ при } 0,5 < V_m \leq 2; \quad (17)$$

$$d = 7 \sqrt{V_m} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}), \text{ при } V_m > 2. \quad (18)$$

Таблиця 2

Максимальні приземні і гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин, що викидаються заводом з виробництва азбесту

Назва забруд. речовини	Маса, г/с, М	Висота, м, Н	Витрата, м ³ /с, V ₁	Коефіцієнти									Макс. конц. C _m , мг/м ³	ГДК м. р., мг/м ³	ГДК с. д., мг/м ³	Клас шкідлив.
				A	F	η	m	n	f	V _m	V _m '	f _c				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Сірча-ний газ	0,8	40	0,03	200	1	1,412	1,003	0,011	0,228	0,011	0,001	0,118	0,008	0,003	2	
Сірково-день	0,2											0,030	0,008	0,008	2	
Оксид вуглецю	3,6											0,531	3,0	1,0	4	
Пил нетокс.	5,2											2,303	0,5	0,05	3	
Сажа	0,1											0,044	0,15	0,05	3	
Діоксид азоту	0,45											0,066	0,085	0,04	2	

Таблиця 3

Результати розрахунків відстані формування максимальних приземних концентрацій для заводу з виробництва азбесту

d	2,635					
Забруд. речов.	Сірча-ний газ	Сірково-водень	Оксид вуглецю	Пил нетокс.	Сажа	Діоксид азоту
F	1	1	1	3	3	1
X _M (м)	105,41	105,41	105,41	52,7	52,70	105,41

Для речовин, концентрації яких перевищують гранично допустимі максимальні рівні концентрації, розраховують відстань, на якій формується концентрація в межах ГДК. За небезпечної швидкості вітру V_m приземну концентрацію шкідливих речовин С (г/м³) в атмосфері по осі факела викиду на різних відстанях X_M від джерела викиду визначають за формулою:

$$C = S_1 C_M \quad (19)$$

де S_1 — коефіцієнт, який визначається залежно від відношення X/X_M і коефіцієнта F .

$$S_1 = 3(X/X_M)^4 - 8(X/X_M)^3 + 6(X/X_M)^2, \text{ при } X/X_M < 1 \quad (20)$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13 \cdot (X/X_M)^2 + 1}, \text{ при } 1 < X/X_M \leq 8; \quad (21)$$

$$S_1 = \frac{X/X_M}{3,58(X/X_M)^2 - 35,2(X/X_M) + 120}, \text{ при } X/X_M > 8, F \leq 1,5; \quad (22)$$

$$S_1 = \frac{1}{0,1(X/X_M)^2 + 2,47(X/X_M) - 17,8}, \text{ при } X/X_M > 8, F > 1,5; \quad (23)$$

Розрахунки записують у вигляді таблиці (табл. 4).

Таблиця 4.

Відстані формування приземних концентрацій в межах ГДК

X	X/X _M	S ₁	C	C _{ГДК} макс. разове
X ₁			C ₁	
X ₂			C ₂	
X _m			C _m < C _{ГДК}	

Оскільки у газоповітряній суміші, що викидає завод, присутні речовини, концентрації яких перевищують ГДК, слід з'ясувати відстані, на яких ці концентрації досягають допустимих значень (табл. 5).

Таблиця 5.

Приклад розрахунку по заводу з виробництва азбесту

	Сірчаний газ	Сірководень	Пил нетоксич	Відстань, на якій встановлюється концентрація в межах ГДК
1	2	3	4	5
$100/X_M=$	0,949	0,949	1,897	
$S_1=$	1,012	1,012	0,770	
C_x	0,107	0,027	1,592	
<i>ГДК макс.</i>	0,008	0,008	0,5	
$200/X_M=$	1,897	1,897	3,795	
$S_1=$	0,770	0,770	0,393	
$C_x=$	0,082	0,020	0,814	
<i>ГДК макс. разова</i>	0,008	0,008	0,5	
$300/X_M=$	2,846	2,846	5,692	Пил нетоксичний — 300 м
$S_1=$	0,550	0,550	0,217	
$C_{x,=}$	0,058	0,015	0,45 (norma)	
<i>ГДК макс.</i>	0,008	0,008		
$500/X_M,=$	4,743	4,743		Сірководень - 500 м
$S_1=$	0,288	0,288		
$C_x=$	0,031	0,008 (norma)		
<i>ГДК макс.</i>	0,008			
$1100/X_M$	10,436			Сірчаний газ - 1100 м
$S_1=$	0,073			
$C_x=$	0,008 (norma)			

Завдання

Розрахувати максимальні приземні концентрації забруднюючих речовин, що викидаються підприємством і відстані їх формування. Проаналізувати вплив забруднення на прилеглу до підприємства територію.

Варіанти завдань

Технологічні параметри викидів забруднюючих речовин	Варіанти	
	1	2
Маса забруднюючої речовини, М, г/с		
сірчаний газ	0,6	0,2
сірководень	0,1	0,4
оксид вуглецю	3,8	2,5
пил нетоксичний	4,0	5,0
Висота джерела викиду над поверхнею землі, Н, м.	3	2
Середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла, w_0 , м/с	11	4,5
Різниця між температурою викиду і температурою навколишнього середовища, ΔT , $^{\circ}\text{C}$	95	50
Коефіцієнт А	200	180
Коефіцієнт F	2,5	1
Коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості, η	0,8	0,95
Діаметр гирла джерела викиду, D, м	1,05	1,05
Швидкість вітру, м/с	2,0	2,0
Відстань по осі факела від джерела викиду (X), на якій необхідно визначити концентрацію забруднювача при небезпечній швидкості вітру, м	240	150