

Практична робота №1

ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН, ЩО МІСТЯТЬСЯ В ВИКИДАХ В АТМОСФЕРУ

Мета роботи: навчитися визначати кількість забруднень в викидах в атмосферу.

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 , м³/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:

$$V_{T_6} = w_0 \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3)$$

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

D – діаметр устя джерела викиду.

Після цього визначають витрату газів при 20°C , з урахуванням температурної зміни об'єму газу:

$$M_{20} = \frac{273}{273 + (T_B - 20)} V_{T_6}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (4)$$

Знаючи витрату газової суміші при 20°C та концентрації домішок при 20°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 ³		
				CO ₂	SO ₂	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

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

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

Отримані результати зводять в таблицю 2.

Таблиця 2. Потужність викидів та концентрації забруднень при температурі викиду $^{\circ}\text{C}$, швидкості руху газів м/с , діаметру устя м .

Компонент газової суміші	Концентрація, г/м^3		Витрата, $\text{м}^3/\text{с}$		Потужність викиду M , г/м^3
	при 20°C (q_{20})	При $^{\circ}\text{C}$ ($q_{Tв}$)	при 20°C (V_{20})	При $^{\circ}\text{C}$ ($V_{Tв}$)	
CO					
SO ₂					
пил					

Практична робота №2

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 гранично допустимих 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 α . Всмоктування повітря (коефіцієнт α) 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 характеристики палива.

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

- - в мегаджоулях на 1 м³.

Рекомендації щодо виконання роботи

Вихідні дані до виконання практичної роботи приведені в табл.

2. Таблиця 2. Вихідні дані для виконання роботи.

№ п/п	Вид палива (марка)	Коефіцієнт втягування повітря по тракту К	Коефіцієнт втягування повітря для горіння α	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*
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

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 $\alpha_{ун}=0.71$),

η_3 – доля твердих часток, що затримуються в зололовушках, %,

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

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

Значення A^P , $\Gamma_{ун}$, $\alpha_{ун}$, η_3 , q_4 приймають по фактичних показниках за період, що розглядається. Величину A^P слід взяти з табл. 1 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, %,

η_{SO_2} – доля оксидів сірки, зв'язаних летючою золою,

M_{SO_2} – молекулярна маса SO_2 ,

M_S – атомна маса сірки.

Орієнтовно η_{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 практичної 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/м³.

Тип агрегату	Коефіцієнт надлишку повітря	Коксовий газ			Доменний газ			Природний газ	Мазут				
		SO ₂	NO _x	Бенз(а)пирен	SO ₂	NO _x	CO	NO _x	SO ₂	NO _x	Бенз(а)пирен	пил	сажа
Нагрівальні печі	1.05	390	140	1 · 10 ⁻⁷	1190	50	0	180	1664	180	3 · 10 ⁻⁵	40	0
	1.10	370	260	1 · 10 ⁻⁷	1160	90	0	210	1592	230	3 · 10 ⁻⁵	40	0
	1.15	360	330	1 · 10 ⁻⁷	1140	100	0	260	1527	330	3 · 10 ⁻⁵	40	0
	1.20	340	390	1 · 10 ⁻⁷	1110	120	0	290	1466	390	3 · 10 ⁻⁵	40	0
	1.60	240	140	1 · 10 ⁻⁷	880	50	0	200	944	200	3 · 10 ⁻⁵	20	0
Коксові батареї	12	340	390	2.2 · 10 ⁻⁷	1110	120	14860	290	--	--	--	--	--
Котли промислові	1.05	390	210	1 · 10 ⁻⁷	1190	80	0	230	1737	250	3 · 10 ⁻⁵	90	0
	1.10	370	330	1 · 10 ⁻⁷	1160	140	0	270	1663	330	3 · 10 ⁻⁵	80	0
	1.15	370	420	1 · 10 ⁻⁷	1140	170	0	330	1594	420	3 · 10 ⁻⁵	80	0
	1.20	340	520	1 · 10 ⁻⁷	1110	200	0	380	1532	520	3 · 10 ⁻⁵	80	0
Котли побутові	1.10	--	--	--	--	--	--	140	1663	200	190 · 10 ⁻⁵	80	400
	1.20	--	--	--	--	--	--	170	1594	250	190 · 10 ⁻⁵	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 ³ /год)	Тип агрегату	Коефіцієнт надлишку повітря на горіння
1	Мазут	50	Нагрівальні котли	1.05
2	Мазут	70	Нагрівальні котли	1.10
3	Мазут	100	Нагрівальні котли	1.15
4	Мазут	230	Нагрівальні котли	1.20
5	Мазут	400	Нагрівальні 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

● - в м³/ГОД.

ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ В ПРИЗЕМНОМУ ШАРІ ПРИ ГАРЯЧИХ ВИКИДАХ ЗОДИНОЧНОГО 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/м³) 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,

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

ΔT – різниця між температурою газової суміші, що викидається T_c та температурою навколишнього повітря T_p , °С,

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° пн.ш., 180 для районів між 50° пн.ш. та 52° пн.ш., 160 для районів, що знаходяться північніше 52° пн.ш.

При визначенні ΔT ($^{\circ}\text{C}$) необхідно приймати температуру довкілля $T_{\text{п}}$ ($^{\circ}\text{C}$), рівною середній максимальній температурі навколишнього повітря найжаркішого місяцю року, а температуру суміші, що викидається $T_{\text{с}}$, 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_e :

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

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

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

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

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 ₀ , м/с	H, м	M, г/с	T, °C
1	0.5	160	1	13	20	1	Δ 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

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 , η , H ті ж, що і в практичній 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 практичної роботи №4. Вихідні дані для розрахунків приведені в таблиці 1.

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

№ п/п	D, м	A	ΔT	w ₀ , 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

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/м³) при несприятливих метеорологічних умовах досягає максимального значення C_m визначається по формулі:

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

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:

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

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

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

Рекомендації щодо виконання роботи

Використовуючи вихідні дані, приведені в таблиці 1 практичної 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.

Практична робота № 7

Розрахувати концентрацію газу в повітряному просторі поблизу пошкодженого газопроводу

Завдання. Розглядаючи пошкоджений газопровід як точкове джерело забруднення, визначити концентрацію газу в точці з координатами Y, Z на відстані X км від місця витоку, якщо відомі швидкість вітру U_0 , м/с, у напрямі осі X і кількість газу Q , що виділяється, кг/ч. Міру забруднення виразити в долях ГДК. Визначити контур області забруднення, в межах якої концентрація газу рівна або вище за ГДК.

Примітка. Прийняти, що газ, який транспортується, є сумішшю граничних вуглеводнів C_1-C_5 , для якої $ОБРЗ = 50$ міліграм/м³. Дані взяти з табл.7.

Концентрація газу в повітряному просторі поблизу пошкодженого газопроводу

Головна причина розсіяння забруднень в атмосфері - турбулентність повітря. З пониженням температури повітря у міру видалення від поверхні землі вертикальні потоки повітряних мас посилюються, що сприяє збільшенню турбулентності і розсіюванню забрудників в атмосфері. Якщо ж з висотою температура повітря збільшується (температурна інверсія), то рух повітря і розсіювання забрудника істотно скорочуються. У зв'язку з цим в основу класифікації стійкості атмосфери покладений температурний градієнт (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 - Класифікація стійкості атмосфери (за Пасквілем)

Категорія стійкості атмосфери		Температурний градієнт, $\Delta T/\Delta z$, °C/100 м
A	Найбільша нестійкість	Менш -1,9
B	Помірна нестійкість	-1,9; -1,7
C	Слабка нестійкість	-1,7; -1,5
D	Нейтральна стійкість	-1,5; -0,5
E	Слабка стійкість	-0,5; 1,5
F	Помірна стійкість	1,5; 4
G	Найбільша стійкість	Більш 4

Пошкоджений газопровід можна розглядати як точкове джерело забруднення у разі локального порушення герметичності і як лінійне джерело - при протяжних руйнуваннях.

Концентрацію газу в точці М з координатами X, Y, Z при локальному ушкодженні газопроводу Белов і Требін рекомендують визначати по формулі:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot u_0} \cdot \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{z^2}{2\sigma_z^2}\right],$$

де Q - кількість газу, виділеного джерелом;

σ_y, σ_z - дисперсії розподілу концентрації у напрямі осей відповідно Y і Z;

u_0 - середня швидкість вітру у напрямі осі X.

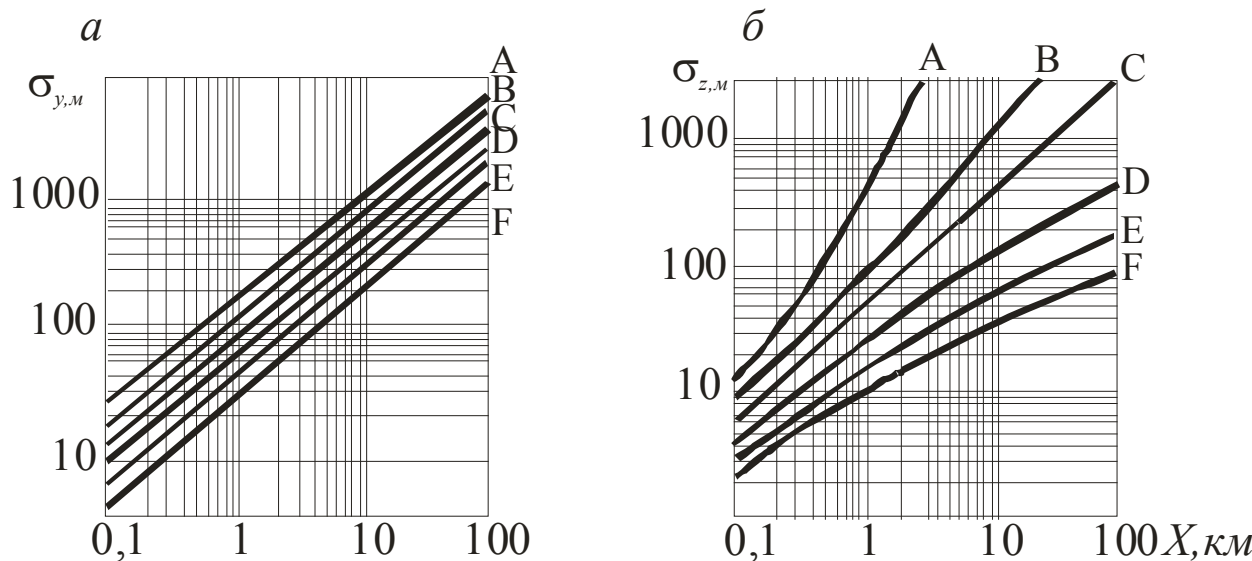


Рис. 7.1 - Номограми для визначення дисперсій розподілу концентрації у напрямі осей Y (а) і Z (б). А, В, С, D, E, F - категорії стійкості атмосфери.

У разі лінійного джерела забруднення завдовжки l, розташованого під прямим кутом до напрямку вітру (рис. 7.1, а), концентрацію газу в точці М можна визначити по формулі Шаприцького :

$$C(x, y, z) \approx \frac{500 Q}{\pi^{0,5} \cdot \sigma_z \cdot u_0 \cdot x} \left\{ \exp \left[-\frac{(z-H)^2}{\sigma_z^2 \cdot x^2} \right] + \exp \left[-\frac{(z+H)^2}{\sigma_z^2 \cdot x^2} \right] \right\} \cdot \left[\operatorname{erf} \frac{y+0,5 l}{\sigma_y \cdot x} - \operatorname{erf} \frac{y-0,5 l}{\sigma_y \cdot x} \right],$$

де H - висота джерела над землею, м.

Для підземних і наземних трубопроводів H у формулі (7.2) приймають рівною нулю.

Точна оцінка потужності лінійного джерела скрутна, оскільки вона є функцією тиску і температури газу, які в даному випадку змінні в часі. Проте для наближених розрахунків Q можна оцінити за максимальним обсягом газу, що виділяється з газопроводу, і середньої тривалості його витікання.

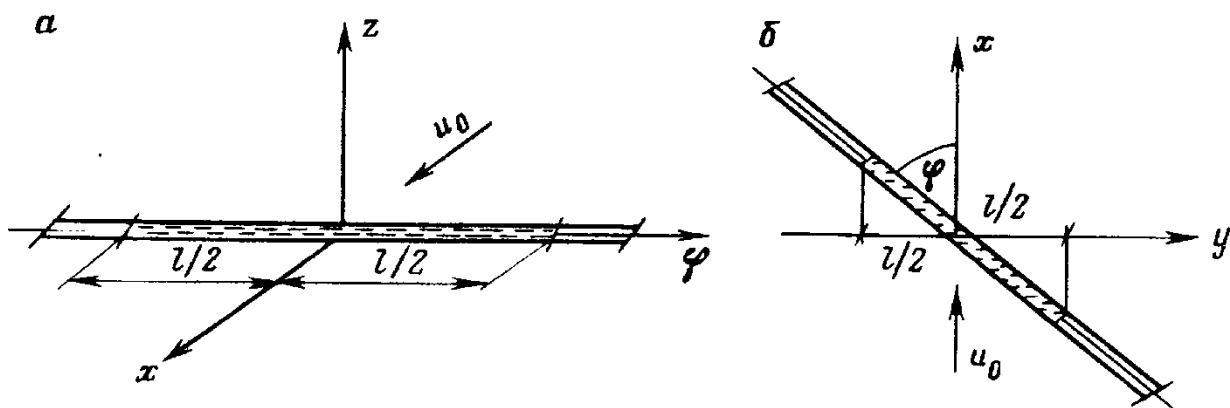


Рис. 7.2 - Розрахункова схема для визначення області забруднення від лінійного джерела

Контур області забруднення, в межах якого концентрація інгредієнта рівна або вище за ГДК, можна визначити, якщо прирівняти ліву частину виразів (7.1) і (7.2) до значення ГДК, встановленого для цього інгредієнта, і вичислити X при фіксованих значеннях Y .

У тих випадках, якщо напрям вітру утворює деякий кут φ з віссю газопроводу (рис.7.2, б), то розрахункова довжина джерела у формулі (7.2)

$$l' = l \cdot \sin \varphi.$$

Приклад. Розглядаючи пошкоджений газопровід як точкове джерело забруднення, визначити концентрацію газу в точці з координатами $Y = 2$ км, $Z = 2$ км на відстані $X = 2$ км від місця витоку. Середня швидкість вітру у напрямі осі X складає 4 м/с, кількість газу, що виділяється з газопроводу - 1 кг/год.

Рішення. По номограмах (рис.7.1) визначимо дисперсії розподілу концентрації газу у напрямі осей Y і Z залежно від віддаленості точки від місця витоку (X) і стійкості атмосфери (F) : $\sigma_y = 60$ м, $\sigma_z = 17$ м.

Скориставшись формулою (3.58), розрахуємо концентрацію газу в заданій точці простору :

$$C = \frac{1 \cdot 10^6}{3600 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 17 \cdot 60} \cdot \exp \left[-\frac{4}{2 \cdot (60)^2} + \frac{4}{2 \cdot (17)^2} \right] = 0,021 \text{ мг/м}^3$$

Таблиця 7

Варіант	Категорія стійкості атмосфери	Середня швидкість вітру, м/с	Кількість газу, що виділився, кг/год	Координати розрахункової точки		
				X, м	Y, м	Z, м
1	F	6	1,6	1,0	2,0	2,0
2	A	18	5,0	4,0	1,0	3,0
3	B	12	2,0	6,0	2,0	4,0
4	C	10	14,0	8,0	5,0	2,0
5	D	8	30,0	10,0	4,0	1,0
6	E	2	10,0	2,0	3,0	3,0
7	F	16	5,0	1,0	2,0	2,0
8	A	6	6,0	3,0	1,0	1,0
9	B	14	2,0	5,0	1,0	2,0
10	C	6	4,0	7,0	7,0	1,0
11	D	4	3,0	9,0	2,0	1,0
12	E	2	4,0	0,1	1,0	3,0
13	F	1	10,0	0,3	4,0	5,0
14	A	20	25,0	0,5	3,0	7,0
15	B	15	14,0	0,7	6,0	1,0
16	C	13	33,0	0,2	4,0	4,0
17	D	9	48,0	0,4	2,0	2,0
18	E	8	24,0	0,6	5,0	3,0
19	F	3	16,0	0,8	1,0	0,5
20	A	19	42,0	1,0	0,5	0,4
24	E	4	29,0	8,0	2,6	2,0

