

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ТИПОВИХ ЗАДАЧ на тему “Організація спостережень і контролю за забрудненням атмосферного повітря в зоні впливу промислових підприємств”**

### **1. Загальні вимоги щодо організації спостережень за забрудненням атмосферного повітря.**

#### **1.1. ГДК та ГДВ**

Нормативи допустимого забруднення різних середовищ (води, повітря, ґрунту) характеризуються величиною гранично-допустимих концентрацій. **ГДК** – це така концентрація певної речовини, яка не надає будь-якого ризику здоров'ю людини при впливі на нього впродовж усього життя.

Залежно від способу взаємодії з людиною кожен об'єкт навколишнього середовища підрозділяється на різні види, і для кожного є свої ГДК.

Залежно від використання повітря підрозділяється на наступні види:

1) Атмосферне повітря населених місць. ГДК в-в в атмосферному повітрі існують 2-х типів – середньодобові і максимально разові. Середньодобова норма завжди менше максимально разової.

2) Повітря робочої зони. Це повітря виробництва, яким дихає працюючий персонал. ГДК для повітря робочої зони розробляються виходячи з принципу, що ці концентрації не роблять впливу на здоров'я людини при знаходженні в такому повітрі протягом всієї виробничої діяльності. ГДК в р.з. завжди більше ГДК в атмосферному повітрі.

3) Повітряні викиди з виробничих установок і приміщень. Нормативи вмісту в них хімічних речовин називаються **гранично-допустимими викидами** (ГДВ) і формуються адміністративними органами для кожного джерела викидів на кожному підприємстві окремо так, щоб вплив джерела на повітря в населеній зоні не викликав порушень встановлених для нього нормативів.

**ГДВ** – це науково-технічний норматив, який встановлюється з умови, щоб вміст забруднюючих речовин в приземному шарі повітря від джерела або

їх сукупності не перевищувало нормативів якості повітря для населення, тваринного і рослинного світу.

Для окремого джерела викидів **ГДВ** – це викид, при якому в районі розташування даного джерела з урахуванням впливу сусідніх джерел концентрації домішок в атмосфері не перевищують ГДК.

На основі експериментальних і теоретичних досліджень розроблені нормативні документи щодо розрахунку розсіювання домішок і встановленню гранично допустимих викидів шкідливих речовин. Ці документи носять універсальний характер і застосовуються для всіх видів джерел. Нормування викидів забруднюючих речовин здійснюється на основі розрахунків полів максимальних концентрацій шкідливих речовин на території міста. Підприємства, для яких встановлені ГДВ, повинні організувати систему контролю за дотриманням ГДВ, затверджену в установленому порядку.

При контролі за дотриманням ГДВ основними повинні бути прямі методи, які використовують вимірювання концентрації шкідливих речовин та обсягів газоповітряної суміші після газоочисних установок або в місцях безпосереднього виділення речовин в атмосферу.

Викиди шкідливих речовин визначають за період 20 хв, до якого відносяться макс.і разові ГДК, а також в середньому за добу, місяць і рік.

При несприятливих метеорологічних умовах в короткочасні періоди забруднення атмосфери, небезпечного для здоров'я населення, підприємства повинні забезпечити зниження викидів шкідливих речовин, аж до часткової або повної зупинки роботи підприємства.

Якщо згідно з розрахунком максимальна концентрація домішки  $C_m$  в атмосфері перевищує ГДК, то повинні застосовуватися технологічні та організаційні заходи для зниження викидів до допустимого рівня.

При перевищенні ГДВ в результаті аварії підприємство зобов'язане в установленому порядку повідомити про це орган, що здійснюють державний контроль за охороною атмосфери, та вжити заходів щодо зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу аж до зупинки підприємства і ліквідації

наслідків забруднення атмосфери, а також передати інформацію про аварію і вжиті заходи.

## **1.2. Характеристика джерел забруднень і поведінка викидів ЗР**

Джерела забруднення атмосфери розрізняються за **потужністю** викиду (потужні, великі, дрібні), **висоті** викиду (низькі, середньої висоти і високі), **температурі** вихідних газів (нагріті і холодні).

До потужних джерел забруднення відносяться виробництва типу металургійних і хімічних заводів, заводів будівельних матеріалів, теплові електростанції та ін. До дрібних джерел забруднення – невеликі котельні та підприємства місцевої та харчової промисловості, труби пічного опалення і т.п. Велика кількість дрібних джерел може значно забруднювати повітря.

Під низькими джерелами розуміють такі, в яких викид здійснюється нижче 50 м, під високими – викид вище 50 м.

Нагрітими умовно називають джерела, у яких температура викинутої газоповітряної суміші вище 50 ° С; при більш низькій температурі викиди вважаються холодними.

Ступінь забруднення атмосфери залежить від кількості викидів шкідливих речовин та їх хімічного складу, від висоти, на якій здійснюються викиди, і від кліматичних умов, що визначають перенос, розсіювання і перетворення речовин, що викидаються.

Після того, як домішки потрапляють у повітря, характер їх переміщення та дисперсії визначається їх власними фізичними властивостями і властивостями атмосфери, в яких вони знаходяться.

Викиди проникають в атмосферу з певною швидкістю і температурою, які зазвичай відрізняються від відповідних характеристик навколишнього середовища. Рух викидів має вертикальну складову, обумовлену початковою вертикальною швидкістю потоку і різницею температур, до тих пір, поки не зникне вплив цих факторів. Цей вертикальний підйом викидів називають підйомом шлейфу. Він призводить до зміни ефективної висоти  $H$  точки

викиду. На шлях поширення викиду впливають також зміни потоків поблизу таких перешкод, як будівлі і споруди.

Рух потоку під дією вітру протягом і після підйому шлейфу називається переносом.

Турбулентний рух атмосфери викликає довільний рух викиду, що приводить до його поширенню в горизонтальному і вертикальному напрямках за рахунок зміщення з повітрям. Цей процес називається атмосферною дифузією.

Комбінація переносу і дифузії називається атмосферної дисперсією. Викид на стадії підйому шлейфу, перенесення і дифузії може також відчувати вплив таких процесів, як:

- 1) хімічна трансформація домішок;
- 2) радіоактивний розпад і накопичення дочірніх продуктів;
- 3) вологе осадження: пар або аерозоль потрапляють в краплі води або сніжинки в хмарі і випадають у вигляді опадів;
- 4) сухе осадження: седиментация аерозолів або гравітаційне осадження відкладення аерозолів, а також адсорбція парів і газів на предметах;
- 5) утворення і злипання аерозолів.

Більшу частину цих ефектів можна описати математично і при необхідності включити в математичні моделі.

## **2. Розрахунки**

### **2.1. Розподіл концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері**

Розподіл концентрацій забруднюючих речовин в атмосфері підпорядковується законам турбулентної дифузії. На розсівання викидів суттєво впливає стан атмосфери, розміщення підприємств і 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 – висотним розподілом температур.

З віддаленням від 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), вона залежить від метеорологічних умов і може бути розміщена від забудови у межах 10-49 висот труби);
- 3) зону поступового зниження рівня забруднення.

Розрахунки розсіювання забруднюючих речовин (ЗР) в атмосфері від одиночних стаціонарних джерел забруднення атмосфери (ДЗА) використовується згідно "Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86."

Значення максимальної концентрації прямо пропорційне до об'єму викидів з джерела і обернено пропорційне квадрату його висоти над землею. Підйом гарячих потоків майже повністю зумовлений підйомною силою газів, що мають вищу температуру, ніж навколишнє повітря.

**Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини** –  $C_m$  (мг/м<sup>3</sup>) при викиді газоповітряної суміші з одиночного джерела з круглим гирлом, яке досягається за несприятливих умов на відстані  $X_m$  (м) від джерела, визначають за формулою:

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

де  $A$  – коефіцієнт, що враховує частоту температурних інверсій (розподіл температур по висоті, що впливає на вертикальне переміщення викиду) (для розміщених в Україні джерел висотою не менше 200 м у зоні від 50° до 52° п. ш. – 180 (Харківська, Чернігівська, Сумська, Київська, Волинська, Рівненська, Житомирська області), а південніше 50° п. ш. – 200); , що залежить від температурної стратифікації атмосфери

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

$F$  – коефіцієнт швидкості осідання шкідливих речовин в атмосферу (для газів – 1, для парів – 2, для пилу – 3);

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

$\eta$  – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості (якщо місцевість рівна або слабо перехресна з перепадом висот, які не перевищують 50 м на 1 км, приймають  $\eta=1$ );

$\Delta T$  (°C) – різниця між температурою, що викидається газоповітряною сумішшю  $T_2$  і температурою навколишнього атмосферного повітря  $T_n$ ;

$V_I$  (м<sup>3</sup>/с) – витрата газоповітряної суміші, яку визначають за формулою:

$$V_I = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot w_0$$

де  $D$  – діаметр гирла труби;

$w_0$  – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

$m$  і  $n$  – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду (їх визначають залежно від параметрів  $f, f_e, V_m, V'_m$ );

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T};$$

$$V'_m = 1,3 \frac{w_0 \cdot D}{H};$$

$$f_e = 800 \cdot (V'_m)^3;$$

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

де  $V_m$  – небезпечна швидкість вітру, на рівні флюгера,

$V'_m$  – швидкість вітру, за якої приземні концентрації мають найбільші значення.

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

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

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

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

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

$$n = 4,4 \cdot V_m, \text{ при } V_m < 0,5$$

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

$$n = 1, \text{ при } V_m \geq 2$$

При  $f \geq 100$  або  $\Delta T \approx 0$  коефіцієнт  $n$  обчислюється так:

$$V_m = 0,5 \text{ (холодні викиди);}$$

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

$$K = \frac{D}{8 \cdot V_1} = \frac{1}{7,1 \sqrt{w_0 \cdot V_1}}$$

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

Усі розрахунки зводять у таблицю 1.

**Таблиця 1.**

**Показники забруднення**

Назва ЗР	Маса викиду, г/с	Висота джерела викиду, с	Витрата газової суміші, м <sup>3</sup> /с	коефіцієнти									C <sub>м</sub> мг/м <sup>3</sup>	ГДК макс. раз. мг/м <sup>3</sup>	ГДК сер. доб. мг/м <sup>3</sup>
				A	F	η	m	n	f	V <sub>м</sub>	V' <sub>м</sub>	f <sub>e</sub>			

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

**Відстань X<sub>м</sub>** (м) від джерела викидів, на яких приземна концентрація C за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення C<sub>м</sub>, визначають за формулою:

якщо  $F < 2$ , то  $X_m = dH$ ;

якщо  $F \geq 2$ , то  $X_m = \frac{5-F}{4} dH$

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

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

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

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

Для речовин, концентрації яких перевищують гранично допустимі максимальні разові концентрації, розраховують відстань, на якій формується концентрація в межах ГДК.

За небезпечної швидкості вітру  $V_m$  приземну концентрацію шкідливих речовин  $C$  ( $\text{г}/\text{м}^3$ ) в атмосфері по осі факела викиду на різних відстанях  $X$  від джерела викиду визначають за формулою:

$$C = S_I \cdot C_m$$

де  $S_I$  – коефіцієнт, який визначається залежно від відношення  $X/X_m$  і коефіцієнта  $F$ :

$$S_I = 3(X/X_m)^4 - 8(X/X_m)^3 + 6(X/X_m)^2, \text{ при } X/X_m \leq 1$$

$$S_I = \frac{1,13}{0,13(X/X_m)^2 + 1}, \text{ при } 1 < X/X_m \leq 8$$

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

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

Розрахунки записують у вигляді таблиці (табл. 2).

**Таблиця 2.**

**Відстані від джерела забруднення**

$X$	$X/X_m$	$S_I$	$C$	$C_{гдк}$
Речовина 1				



$X_1$			$C_1$	
$X_2$			$C_2$	
$X_3$			$C_3$	

Для проведення розрахунків щодо ефекту сумачії враховують, що сума концентрацій речовин, наділених ефектом сумачії, нормована на їх гранично допустимі рівні і не повинна перевищувати 1:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1$$

$C_1, C_2, C_n$  – фактичні концентрації речовин в атмосфері;

ГДК<sub>1</sub>, ГДК<sub>2</sub>, ГДК<sub>n</sub> – гранично допустимі концентрації тих самих речовин.

Речовини з ефектом сумачії окремо можуть мати концентрації, що не перевищують ГДК, і бути нешкідливими, але разом вони діють, як і речовини, вміст яких перевищує ГДК.

Ефект сумачії мають такі групи речовин:

- 1) ацетон, акролеїн, фталевий ангідрид;
- 2) ацетон, фенол;
- 3) ацетон, ацетофенол;
- 4) ацетон, фурфурол, формальдегід, фенол;
- 5) ацетальдегід, вінілацетат;
- 6) аерозолі п'ятиокисного ванадію і окисли марганцю;
- 7) аерозолі п'ятиокисного ванадію і триоксидів хрому;
- 8) аерозолі п'ятиокисного ванадію і сірчистий ангідрид;
- 9) бензол і ацетофенол;
- 10) озон, діоксид азоту, формальдегід;
- 11) оксид вуглецю, діоксид азоту, формальдегід, гексан;
- 12) сірчистий ангідрид, аерозоль сірчаної кислоти;
- 13) сірчистий ангідрид і сірководень;
- 14) сірчистий ангідрид і діоксид азоту;
- 15) сірчистий ангідрид, оксид вуглецю, діоксид азоту і фенол;

16) сірчистий ангідрид, фенол.

Деякі інші, менш поширені, речовини, теж характеризуються ефектом сумачії.

## 2.2. Встановлення категорії небезпечності підприємства та уточнення розмірів санітарно-захисної зони

Для визначення категорії небезпечності підприємства використовують дані про викиди забруднюючих речовин в атмосферу за формою статистичної звітності ЗТП-повітря. У цій формі має бути розшифрування „вуглеводнів” і не повинно бути інформації про сумарні викиди шкідливих речовин в атмосферу від групи підприємств.

Категорію небезпечності підприємств (КНП) обчислюють за виразом:

$$КНП = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ГДК_{с.д.}} \right)^{a_i}$$

де  $M_i$  – маса викиду *i-ої* речовини, т/рік;

$ГДК_{с.д.}$  – середньодобова гранично допустима концентрація *i-ої* речовини, мг/м<sup>3</sup>;

$n$  – кількість викинутих підприємством шкідливих речовин, які забруднюють атмосферу;

$a_i$  – безрозмірна константа, яка дає змогу порівняти ступінь шкідливості *i-ої* речовини зі шкідливістю сірчистого газу (визначають за табл. 10).

Таблиця 10.

### Клас небезпечності речовини

Константа	Клас небезпечності речовини			
	1	2	3	4
$a_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Для розрахунку КНП за відсутності середньодобових значень ГДК використовують значення максимально разових ГДК, ОБРВ або зменшені в десять разів значення ГДК робочої зони забруднюючих речовин.

Значення КНП для речовин, для яких немає інформації про ГДК або ОБРВ, прирівнюють до маси викидів даних речовин. За величиною КНП підприємства поділяють на 4 категорії небезпечності. Граничні умови для з'ясування категорії небезпечності підприємства наведено в табл. 11.

**Таблиця 11.**

**КНП і їх граничні значення**

Категорії небезпечності	Значення КНП	СЗЗ, м
I	$> 10^8$	1000
II	$10^4 < \text{КНП} < 10^8$	500
III	$10^3 < \text{КНП} < 10^4$	300
IV	$< 10^3$	100

Залежно від КНП здійснюють облік викидів забруднюючих речовин в атмосферу, запроваджують періодичність контролю за викидами підприємств і визначають санітарно-захисну зону (СЗЗ) від джерел забруднень до житлових районів. У таких зонах розміщують адміністративно-службові приміщення, склади, гаражі, депо тощо.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Клименко М. О. Моніторинг довкілля: підручник / Клименко М. О., Прищепка А. М., Вознюк Н. М. – К.: Академія, 2006. – 360 с.
2. Моніторинг довкілля: підручник / [Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б. та ін.]; під ред. В. М. Боголюбова. [2-е вид., перероб. і доп.]. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 232 с.
3. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища: навч. посібник / В.М. Ісаєнко, Г.В. Лисиченко, Т.В. Дудар [та ін.]. – К.: Вид-во Нац. авіа. ун-ту "НАУ-друк", 2009. – 312 с.
4. Лялюк О. Г. Моніторинг довкілля: навчальний посібник / Лялюк О.Г., Ратушняк Г. С. – Вінниця: ВНТУ, 2004. – 140 с.

5. Кубланов С. Х. Моніторинг довкілля: навчально-методичний посібник / Кубланов С. Х., Шпаківський Р. В. – К., 1998. – 92 с.
6. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Учеб. пособие в двух частях: Ч. 2. Специальная / Ю. А. Афанасьев, С. А. Фомин, В. В. Меншиков и др. – М.: Изд-во МЮПУ, 2001. – 337 с.
7. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 534 с.
8. Израэль Ю. А. Проблемы мониторинга и охраны окружающей среды / Ю. А. Израэль – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 398 с.
9. Крайнюков О. М. Моніторинг довкілля: підручник / О. М. Крайнюков. – Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2009. – 176 с.
10. Моделирование і прогнозування стану довкілля: підручник / [В. І. Лаврик, В. М. Боголюбов, Л. М. Полетаєва, С. М. Юрасов, В. Г. Ільїна]; під. ред. В. І. Лаврика. – К.: ВЦ Академія, 2010. – 400 с.
11. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» від 25 червня 1991 року № 1264-ХІІ із змінами і доповненнями.
12. Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату – ратифіковано Законом України № 1430-ІУ від 04.02.2004 р.
13. Адаменко О. М. Екологічна геологія / О. М. Адаменко Г. І. Рудько. – К.: Манускрипт, 1998. – 350 с.
14. Безуглая Э. Ю. Мониторинг состояния загрязнения атмосферы в городах. Результаты экспериментальных исследований / Безуглая Э. Ю. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 200 с.
15. Беккер А. А. Охрана и контроль загрязнения природной среды / Беккер А. А., Агаев Т. Б. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.
16. Белогуров В. П. Концепция системы экологического мониторинга Украины / В. П. Белогуров. – Харьков, 1996.
17. Керівні нормативні документи (КНД 211.0.1.101-02) «Положення про порядок інформаційної взаємодії органів Мінекоресурсів України та інших

суб'єктів системи моніторингу довкілля при здійсненні режимних спостережень за станом довкілля» / Варламов Є. М., Єрмоленко Ю. В., Юрченко Л. Л., Шпаківський Р. В – К.: Мінекоресурсів, 2002. – 11 с.

18. Керівні нормативні документи (КНД 211.0.6.102-02) «Номенклатура та позначення структурних елементів Державної системи моніторингу довкілля» / Варламов Є. М., Єрмоленко Ю. В., Юрченко Л. Л., Шпаківський Р. В. – К.: Мінекоресурсів, 2002. – 14 с.

19. Керівні нормативні документи (КНД 211.1.1.106-2003) «Організація та здійснення спостережень за забрудненням поверхневих вод (в системі Мінекоресурсів)» / Білогуров В. П., Бакланова В. Ю., Діяконова С. О. – К.: Мінекоресурсів, 2003. – 70 с.

20. Керівні нормативні документи «Якість вимірювань складу та властивостей об'єктів забруднення» / За ред. В. Ф. Осики, М. С. Кравченка. – К.: Мінекобезпека України, 1997. – 662 с.

