

УДК 504.064

DOI: 10.31471/2304-7399-2018-2(46)-179-190

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ АРЕАЛІВ ЗАБРУДНЕНЬ В АТМОСФЕРІ В РАЙОНІ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВОДІВ

**Я. М. Семчук, Г. Д. Лялюк-Вітер**

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;  
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15;  
тел. +38(0342)72-71-58; e-mail: bzhd@nung.edu.ua*

*У статті проводиться аналіз формування ареалів забруднень в атмосфері компресорними станціями (КС) магістральних газопроводів. Основними небезпечними чинниками в зоні дії КС, що впливають на природне середовище, є хімічне забруднення атмосферного повітря через викиди шкідливих речовин технологічним обладнанням КС та шумове забруднення, джерелом якого є газоперекачувальні агрегати різних типів. В ареалі забруднення атмосфери можна виділити 3 зони: зона “нерозведених” концентрацій, перехідна та дисперсна зони.*

*Суттєвими процесами міграції забруднення атмосфери є конвективне перенесення, дисперсія (розсіювання) та молекулярна дифузія.*

*Наведено методи розрахунку концентрацій шкідливих речовин та оцінка рівнів забруднення атмосфери в районі розміщення КС.*

*Запропоновано основні напрямки зменшення впливу КС на довкілля, зокрема, заміна застарілих газоперекачувальних агрегатів на нові; удосконалення технологічного обладнання; оптимізація режимних параметрів експлуатації газотурбінних установок; переведення окремих цехів (або КС в цілому) на електропривід; збільшення висоти димовідвідних шахт; зміна екологічного навантаження на газоперекачувальні агрегати; використання вторинних енергетичних ресурсів при впровадженні енергозберігаючого обладнання та систем тощо.*

**Ключові слова:** *компресорна станція, атмосфера, ареал забруднення довкілля, конвективне перенесення, дисперсія.*

**Актуальність теми.** В умовах безперервно зростаючої ролі компресорних станцій (КС) магістральних газопроводів як засобів компримування газу, проблема охорони природного, виробничого та соціального середовищ є дуже актуальною, оскільки вони постійно зазнають хімічного та шумового забруднення. Крім цього, кожна КС створює небезпеку при утворенні вибухопожежних газоповітряних сумішей у закритих приміщеннях.

Підраховано, що щорічно в Україні КС викидається близько 100 тис. тонн шкідливих речовин, причому оксиди вуглецю становлять 51%, оксиди азоту – 24%, природний газ – 23%, інші речовини – 2%.

Як показав аналіз парку газоперекачувальних агрегатів (ГПА) ПАТ “Укртрансгаз” актуальність зумовлена ще й тим, що близько 16% агрегатів, які експлуатуються сьогодні на компресорних станціях, виробили свій моторесурс, морально застаріли, фізично зношені, в результаті чого не відповідають вимогам надійності, економічності та екологічної безпеки.

**Мета статті.** Дослідження процесів формування ареалів забруднення атмосфери в районі КС магістральних газопроводів та кількісна оцінка їх екологічної небезпеки.

**Аналіз попередніх досліджень.** Аналіз викидів в атмосферу компресорними станціями свідчить, що найбільші об'єми забруднюючих речовин дають продукти згорання природного газу: оксид вуглецю – 14%, оксиди азоту – 17%. Річні викиди природного газу складають 67%, а інші, забруднюючі речовини складають незначну величину – близько 2%.

Екологічна проблема в районі розташування компресорних станцій поглиблюється ще й тим, що такі шкідливі речовини, як диоксид вуглецю може знаходитись в атмосфері 5-10 років; оксиди азоту – 2,5-4 роки; оксид вуглецю – 0,2-0,5 року; метан – 4-7 років.

Як відомо, ці речовини призводять до таких негативних явищ як кислотні дощі та парниковий ефект. Крім цього газ метан руйнує озоновий шар в атмосфері.

Вплив компресорних станцій як небезпечних об'єктів для навколишнього середовища, проаналізовано в роботах Р. М. Говдяка [1], В. Р. Костяняна [2], І. Г. Радецького [3], Ю. М. Герасименка [4], А. С. Едигарова [5], П. С. Белова [6].

Встановлено, що основними небезпечними факторами, які впливають на природне, виробниче, соціальне середовище, при експлуатації КС є: хімічне забруднення атмосферного повітря викидами шкідливих речовин технологічним обладнанням компресорних станцій; а також виробничого середовища (робочої зони) витоками шкідливих речовин при пошкодженні технологічного обладнання; шумове забруднення навколишнього середовища, джерелом якого є газоперекачувальні агрегати різних типів; наявність вибухо- і пожежонебезпечних речовин (метан, вуглеводні), що можуть створити техногенну небезпеку при утворенні вибухопожежних газоповітряних сумішей.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Шкідливі речовини, що формують ареали забруднення в атмосфері за способом викиду компресорними станціями можна розділити на організовані та неорганізовані. До організованих належать викиди че-

рез вихлопні труби, шахти, свічки (табл. 1), а до неорганізованих - викиди, що супроводжують в основному такі технологічні операції: продувка газопроводів ГПА при їх запусках та зупинках (залповий викид); продувка у конденсатозбірник, технічні освідчення та регламент (залповий викид газу з пиловловлювачів (сепараторів); змашування ГПА (бака дегазації) при його роботі (викид незначного об'єму газу); викид газу з пневмокранів після їх спрацювання. При запуску агрегата порожнина нагнітача з трубопроводами об'язки продувається газом, який також викидається в атмосферу через ті ж свічки, що і при зупинці ГПА.

При аварійній зупинці компресорного цеху на вузлі підключення КС відбувається викид газу в атмосферу через продувні свічки. Для підготовки паливного пускового та імпульсного газів на КС передбачена установка, що має блоки очищення. Редукування та сушки газу і вогневий підігрівач.

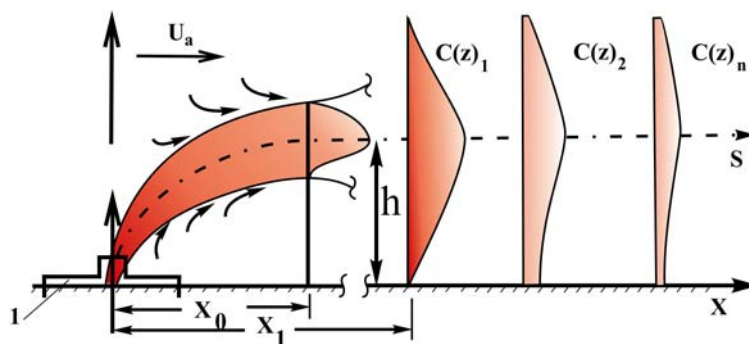
За температурою шкідливі речовини, що виділяються в атмосферу належать до сильнонагрітих оскільки температура на виході з вихлопних труб шахти становить близько 400°C.

За режимом роботи викиди КС поділяються на постійно діючі з рівномірним валовим викидом та залпові. При залпових викидах в атмосферу за короткий проміжок часу поступає велика кількість шкідливих речовин.

Виходячи з фізичних уявлень та специфіки викидів, можна стверджувати, що витік газу у більшості випадків спочатку відбувається зі звуковою швидкістю, а потім викинута суміш розсіюється в атмосфері за законом струминного (інжекційного) змішування. При викидах забруднюючих речовин джерелами компресорних станцій магістральних трубопроводів, викинута суміш не підпорядковується закону струминного змішування [1], оскільки вона надходить в атмосферу з тиском трохи вищим за атмосферний. У безвітряну погоду область забруднення (ареал) над джерелом викиду представляє собою обернений правильний конус, зігнутий у напрямку дії вітру (рис 1).

З наведеної схеми видно, що в ареалі забруднення атмосфери можна виділити 3 зони: зона "нерозведених" концентрацій або своєрідна "інтрузія", що формується безпосередньо над джерелом викиду в результаті вторгнення шкідливих речовин в атмосферу, довжиною  $X_0$ ; перехідна зона довжиною  $(X_1 - X_0)$  та дисперсна зона – зона розсіювання, яка утворюється під дією фізико-хімічних процесів.

Загалом, при формуванні ареалів забруднення атмосфери відіграють роль такі фізико-хімічні процеси: конвективне перенесення; молекулярна дифузія; повздовжня та поперечна дисперсія.



1 – джерело викиду забруднюючої речовини;  $C(z)_1$   $C(z)_n$  – концентрація забруднюючих речовин в атмосфері;  $h$  – відстань до вісі ареалу ( $S$ );  
 $U_a$  – швидкість вітру;  $X_0$  – довжина “інтрузії”

Рис. 1. Схема формування ареалу забруднення в атмосфері у районі компресорної станції при швидкості вітру ( $U_a$ ):

Таблиця 1 Характеристика основних джерел викидів шкідливих речовин в атмосферу типовою компресорною станцією магістральних газопроводів

Об'єкт	Джерела виділення шкідливих речовин	Джерела викиду	Найменування шкідливої речовини
Компресорний цех	Газоперекачувальні агрегати	Вихлопні труби, шахти	Диоксид азоту, оксид азоту, оксид вуглецю
		Свічки	Метан
Установка підготовки паливного, пускового та імпульсного газів	Підігрівач газу (ПГ-10)	Димова труба	Диоксид азоту, оксид азоту, оксид вуглецю
	Підігрівач газу (ПГ-987-07)	Димова труба	Диоксид азоту, оксид азоту, оксид вуглецю
	Блок очистки газу	Свічка	Метан
Установка очистки газу	Пиловлловлювач	Свічка	Метан
Установка охолодження газу	Апарати повітряного охолодження газу	Свічка	Метан
Котельня	Котли	Димова труба	Диоксид азоту, оксид азоту, оксид вуглецю
Резервна дизельна, газодизельна або газотурбінна електростанція	Дизель, газодизель, газотурбінний привід	Вихлопна труба	Диоксид азоту, оксид азоту, оксид вуглецю, сажа, сірчаний ангідрид, вуглеводень акролеїн
Вузол підключення компресорної станції	Усмоктувальний шлейф	Свічка	Метан
	Нагнітаючий шлейф	Свічка	Метан
	Камера запуску	Свічка	Метан
	Камера прийому	Свічка	Метан

Інтенсивність впливу фізико-хімічних процесів, в основному позовжньої та поперечної дисперсії, також залежить від наявності аерозолів в атмосфері або, як їх інакше називають – ядра конденсації. Аерозолі – це пилоподібні мінеральні частини кори вивітрювання, високодисперсні агрегати розчинних солей різного ступеня зволоженості, найменші краплі розчинів газових сумішей ( $SO_2, CO, HCl$  та інші), частини диму, органічні речовини різного складу, найдрібніші організми та їх залишки (спори, пилок рослин, мікроби). Ці речовини перебувають у динамічній рівновазі, стійкість якої залежить від їх дисперсності та інтенсивності турбулентних потоків повітря.

Частини аерозолів мають широкий діапазон розмірів. Верхня границя лімітується можливістю перебувати у повітрі в завислому стані. Дрібні аерозолі наближаються за розмірами до молекул і становлять їх агрегати.

Всі види аерозолів в атмосфері мають загальну особливість, яка полягає у зменшенні їх кількості з висотою. Розподіл їх залежить від багатьох фізичних факторів, зокрема від адвекції та випадання осадів, коагуляції ядер та осідання їх під дією сили тяжіння.

Пересування забруднення разом із повітрям являє собою конвективне перенесення, яке є найбільш суттєвим фактором міграції.

Принципово існує можливість розповсюдження забруднення в атмосфері молекулярною дифузією – процесом вирівнювання концентрації частинок у межах певного об'єму повітря самочинно, оскільки він супроводжується збільшенням ентропії системи “забруднююча речовина – повітря”, а рівномірний розподіл речовини у системі відповідає найбільш імовірному її стану. Кількісно дифузія може бути виражена рівнянням першого закону Фіка

$$m_x = -D \frac{dc}{dx} \cdot \tau \cdot S, \quad (1)$$

де  $m_x$  – маса перенесеної речовини у напрямку координати  $x$  і пропорційна градієнту концентрації  $\frac{dc}{dx}$ ;  $\tau$  – час;  $S$  – площа, яка охоплює забруднення, що розміщена перпендикулярно руху маси речовини.

Розглядаючи силу тертя  $F$ , що діє зі сторони повітряних мас на дифузію частинок, як протидіючу кінетичній чи тепловій енергії молекули Ейнштейн запропонував співвідношення [7]

$$\frac{dc}{dx} D = \frac{K_B \cdot T}{F}, \quad (2)$$

де  $K_B$  – постійна Больцмана ( $K_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К);  $T$  – температура середовища.

Дж. Стокс показав, що для руху сферичних частинок:

$$F = \sigma \cdot \pi \cdot \eta \cdot r. \quad (3)$$

Порівнюючи рівняння (2) та (3), одержуємо рівняння для практичного користування

$$D = \frac{K_B \cdot T}{\sigma \cdot \pi \cdot \eta \cdot r}. \quad (4)$$

З цього рівняння випливає, що частинки перемішуються тим швидше, чим вища температура середовища, менший розмір частинок забруднень  $r$  та в'язкість середовища  $\eta$ .

На формування ареалів забруднення атмосфери впливає такий процес, як дисперсія (розсіювання забруднюючих речовин), причому розвивається поперечна та поздовжня, які характеризуються відповідними коефіцієнтами дисперсії. Коефіцієнт поздовжньої дисперсії залежить від швидкості повітряних мас ( $\nu$ ), а також від параметру  $\lambda$ , що характеризує структуру завислих частин у повітрі. Цю залежність можна виразити так

$$\sigma_{X,Y} = \lambda \cdot \nu, \text{ м}^2/\text{с}. \quad (5)$$

Конкретне значення поперечної дисперсії визначається залежно від висоти джерела викиду забруднюючих речовин і його можна визначити формулою

$$\sigma_Z = \frac{h_0}{\sqrt{2 \ln \frac{C^*}{C_S}}}, \text{ м}^2/\text{с}. \quad (6)$$

де  $h_0$  – висота джерела викиду, м;  $C^*$  – концентрація речовин на виході із джерела викиду, мг/м<sup>3</sup>;  $C_S$  – концентрація забруднюючих речовин на висоті 2 м від поверхні землі, мг/м<sup>3</sup>.

Одним із важливих практичних завдань є розрахунок концентрацій шкідливих речовин, що викидаються КС в атмосферу.

Вибір методу розрахунку величини забруднення атмосфери залежить від виду джерел викиду (лінійні, точкові, площинні), а також від їх висоти. Згідно з [7] джерела викиду шкідливих речовин за висотою діляться на чотири класи: високі джерела,  $H \geq 50$  м; джерела середньої висоти,  $H = 10 \dots 50$  м; низькі джерела,  $H = 2 \dots 10$ ; наземні джерела,  $H \leq 2$  м.

Джерела викиду шкідливих речовин КС відносяться до точкових, середньої висоти.

При одночасній сумісній присутності в атмосфері декількох шкідливих речовин безрозмірна концентрація  $q$  визначається за формулою

$$q = \frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n}, \quad (7)$$

де  $C_1, C_2, C_3$  (мг/м<sup>3</sup>) – розрахункові концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі в одній і тій же точці місцевості;

$ГДК_1, ГДК_2, \dots, ГДК_n$  (мг/м<sup>3</sup>) – відповідні максимальні разові гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Приведена до однієї речовини концентрація  $C$  розраховується за формулою

$$C = C_1 + C_2 \frac{ГДК_1}{ГДК_2} + \dots + C_n \frac{ГДК_1}{ГДК_n}, \quad (8)$$

де  $C_1$  – концентрація речовини, до якої здійснюється приведення;  $C_2, \dots, C_n, ГДК_2, \dots, ГДК_n$  – концентрації та ГДК інших речовин, що входять у групу сумачії.

Масова концентрація шкідливих речовин в атмосфері описується відомим класичним диференціальним рівнянням [3]

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right), \quad (9)$$

де  $C$  – масова концентрація повітряної суміші;  $x, y, z$  – система прямокутних координат, у якої вісь  $x$  співпадає з напрямком вітру, а вісь  $z$  вертикальна;  $u$  – швидкість вітру;  $K_x, K_y, K_z$  – коефіцієнти турбулентної дифузії у напрямку  $x, y, z$  відповідно.

У роботі [8] наведено розв’язання для стаціонарного точкового джерела при умові нормального розподілу концентрації речовин в атмосфері

$$C_{x,y,z} = \frac{M}{\pi u x^{2-n} S_y S_z} \exp \left\{ - \left[ \frac{y^2}{S_y^2 x^{2-n}} \right] \right\}, \quad (10)$$

де  $S_y, S_z$  – “віртуальні коефіцієнти дифузії” у напрямку координат;  $n$  – число від 0 до 1, що визначається профілем швидкості вітру.

М. Е. Берляндом [9] одержано рівняння для точкового джерела, розташованого на висоті  $H$ . Для приземної концентрації повітряної суміші розв’язання рівняння має вигляд

$$C_{x,y,0} = \frac{M}{(1+m)K_l \varphi_0 x^2 \sqrt{2\pi}} \exp \left[ - \frac{u_l H^{1+m}}{K_l (1+m^2) x} - \frac{y^2}{2\varphi_0^2 x^2} \right], \quad (11)$$

де  $K_l, u_l$  – відповідні значення коефіцієнтів турбулентної дифузії та швидкості вітру;  $\varphi_0$  – дисперсія у напрямку вітру;  $m = n(2-n)$ .

Більшість зарубіжних авторів для визначення концентрації шкідливих речовин використовують таку залежність для стаціонарного точкового джерела:

$$C_{x,y,z} = \frac{M}{2\pi \sigma_y \sigma_z u} \exp \left( - \frac{y^2}{2\sigma_y^2} \right) \left\{ \exp \left[ - \frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2} \right] + \exp \left[ - \frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2} \right] \right\}, \quad (12)$$

де  $\sigma_y, \sigma_z$  – горизонтальна та вертикальна дисперсії розподілу повітряної суміші.

Із літературних джерел [5] визначено, що формування зони дисперсії підпорядковується закону Гаусса, в якому значення концентрації має вигляд

$$C(x, y, z, \tau) = \frac{M \left( \tau - \frac{x}{U_a} \right)}{2\pi U_a \sigma_y (x + x_{vy}) \sigma_z (x + x_{vz})} \cdot \exp \left[ \frac{-y^2}{2\sigma_y^2 (x + x_{vy})} \right] \times \exp \left[ \frac{-(z - h_0)^2}{2\sigma_z^2 (x + x_{vz})} \right], \quad (13)$$

де  $C$  – концентрація, мг/м<sup>3</sup>;  $x, y, z$  – координати;  $\tau$  – час, с;  $M$  – маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу, г/с;  $U_a$  – швидкість вітру, м/с;  $\sigma_z$  – коефіцієнт поперечної дисперсії, м<sup>2</sup>/с;  $\sigma_y$  – коефіцієнт поздовжньої дисперсії, м<sup>2</sup>/с;  $x_{vy}, x_{vz}$  – відстані від джерела викиду, м.

Розв'язок рівняння (7)  $C(\tau = \tau^*, x = x_0, y = 0, z = h_0)$  буде наступним

$$C = \frac{M \left( \tau^* - \frac{x_0}{U_a} \right)}{2\pi U_a \sigma_z (x_0 + x_{vz}) \cdot \sigma_y (x_0 + x_{vy})}, \quad (14)$$

тобто за даною формулою можна визначити у певний момент часу ( $\tau^*$ ) концентрації шкідливих речовин у зоні, що відповідає висоті джерела викиду.

Розрахунок концентрацій шкідливих речовин від КС у приземному шарі атмосфери, а також на яку відстань вони розповсюджуються, проводиться за різними методиками [6, 7].

Максимальне значення приземної концентрації шкідливих речовин  $C_M$  (мг/м<sup>3</sup>) при викиді їх джерелами КС можна оцінити за методикою [7]:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \sqrt[3]{V \Delta T}}, \quad (15)$$

де  $A$  – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери, що визначає умови горизонтального та вертикального розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі  $C^{2/3} \text{ м} \cdot \text{К}^{1/3} \text{ с}$ ;  $M$  – маса шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу, г/с;  $F$  – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливої речовини в атмосферному повітрі;  $m, n$  – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші із гирла джерела викиду;  $H$  – висота джерела викиду над рівнем поверхні землі, м;  $V$  – об'єм газоповітряної суміші, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta T$  – різниця між температурою газоповітряної суміші, що викидається і температурою навколишнього атмосферного повітря, К.

Об'єм газоповітряної суміші визначається за формулою:



$$V = \frac{\pi D^2}{4} w, \quad (16)$$

де  $D$  – діаметр гирла джерела викиду, м;  $w$  – середня швидкість виходу газоповітряної суміші із джерела викиду.

Коефіцієнт  $A$  приймають для несприятливих метеорологічних умов, при яких концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі від джерела викиду досягають максимального значення.

Величину  $\Delta T$ , в  $^{\circ}\text{C}$ , необхідно визначати, приймаючи температуру навколишнього атмосферного повітря  $T_0$ , що дорівнює середній температурі зовнішнього повітря на 13 годину найбільш теплого місяця року згідно з СНиП “Строительная климатология и геофизика”, а температуру газоповітряної суміші  $T_z$ , що викидається КС – за діючими технологічними нормативами.

Величину безрозмірного коефіцієнта  $F$  приймають для газоподібних шкідливих речовин – 1, а величину безрозмірного коефіцієнта  $m$  залежно від параметра  $f$ , що має розмірність  $\text{м}/\text{с}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}$ , знаходять за графіком [7, рис. 2.1]. При цьому  $f$  розраховується за формулою

$$f = 10^3 \frac{\omega^2 D}{H^2 \Delta T}. \quad (17)$$

Величину безрозмірного коефіцієнта  $n$  визначають за графіком [7, рис. 2] залежно від величини параметра  $\nu_M$ , який розраховується за формулою

$$\nu_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \Delta T}{H}}. \quad (18)$$

Використовуючи формулу (15) розраховано максимальну концентрацію оксидів азоту та оксидів вуглецю джерелами компресорної станції “Львівська” на відстанях: 2000, 1500, 1000, 500, 400, 300, 200, 100, 50 м, при таких розрахункових даних:  $M = 2,88$  г/с (для диоксиду азоту);  $M = 1,44$  г/с (для оксиду вуглецю);  $A = 160$ ;  $n = 1,8$ ;  $m = 0,9$ ;  $F = 1$   $V = 29,4 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $\Delta T = 400^{\circ}\text{C}$ ;  $H = 12$ .

Наведені дані були занесені у програму ЕОЛ і одержані результати у вигляді карт розсіювання (рис. 2).

Як видно з рисунка найвищі концентрації шкідливих речовин на межі санітарно-захисної зони (СЗЗ для КС 1000 м) при постійних викидах диоксиду азоту складають 0,8 ГДК.

### Висновки

Оцінка рівнів забруднення атмосфери в районі розміщення КС повинне проводитися за чотирма розрахунковими режимами:

– розрахунковий режим 1 – визначення приземних концентрацій шкідливих речовин, що викидаються від постійно діючих джерел забруднення атмосфери (газоперекачувальні агрегати, підігрівачі газу, котельня);

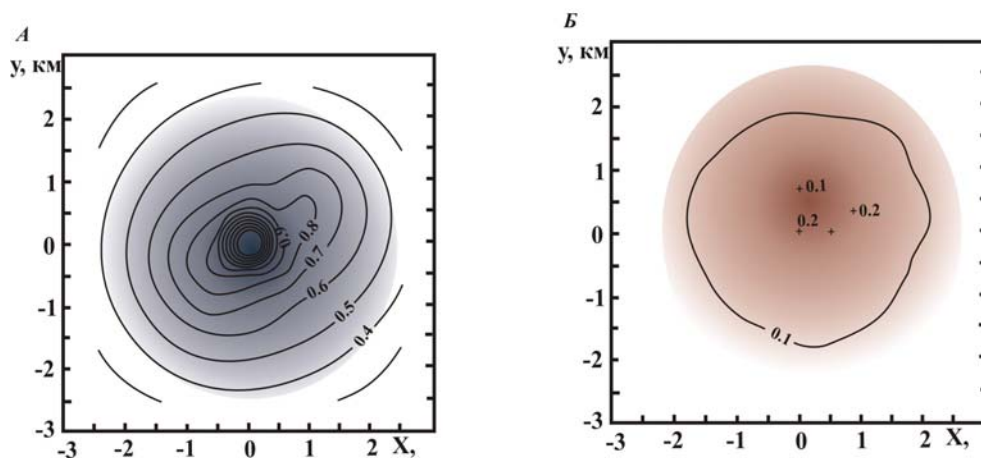


Рис. 2 Карта розсіювання (частка ГДК) в атмосфері компресорною станцією “Ільїнцівська”: А)  $\text{NO}_2$  (постійні викиди); Б)  $\text{CO}$  (постійні викиди)

– розрахунковий режим 2 – визначення приземних концентрацій метану, що викидається періодично діючими джерелами;

– розрахунковий режим 3 – визначення приземних концентрацій шкідливих речовин, що викидаються від постійно діючих джерел забруднення атмосфери при увімкненні аварійного енергетичного обладнання (резервна електростанція) у випадку вимкнення зовнішнього електропостачання;

– розрахунковий режим 4 – визначення приземних концентрацій метану при аварійній ситуації, що пов’язано із зупинкою КС.

Вказані розрахункові режими реалізуються у розрахунках розсіювання по уніфікованій програмі УПРЗА “ЕОЛ”. Як показав досвід експлуатації компресорних станцій зменшення їх впливу на навколишнє середовище повинно вестись у таких напрямках:

– заміна застарілих газоперекачувальних агрегатів на нові зарубіжні або вітчизняні, або їх приводів авіаційного та суднового типу з прийнятими екологічними показниками;

– удосконалення технологічного обладнання у відношенні його герметичності, надійності та руйнування;

– оптимізація режимних параметрів експлуатації ГТУ;

– переведення окремих цехів (або КС в цілому) на електропривод;

– збільшення висоти димовідвідних шахт;

– розміщення цехів КС на окремих площах на відстані мінімального взаємного екологічного впливу (на стадії будівництва та реконструкції КС);

- розробка та впровадження каталітичних методів очистки продуктів згорання та каталітичних камер згорання;
- зміна екологічного навантаження ГПА шляхом регулювання робочого процесу у камері згорання, а також їх модернізації;
- використання вторинних енергетичних ресурсів при впровадженні енергозберігаючого обладнання та систем, що істотно економлять паливо та зменшують кількість шкідливих речовин, які викидаються у навколишнє середовище.

### *Література*

1. Говдяк Р.М. Кількісний аналіз аварійного ризику газотранспортних об'єктів підвищеної небезпеки / Р.М. Говдяк, Ю.М. Коснирев. – Львів, 2008. – 158 с.
2. Костанян В.Р. Визначення ризиків виникнення нештатних ситуацій на технологічних об'єктах газотранспортної системи / В.Р. Костанян, С.В. Горобинський // Нафтова і газова промисловість. – К., 2011. – № 3. – С.
3. Радецький І.Ш. Удосконалення системи управління безпеки виробництв нафтогазового комплексу / І.Г. Радецький, С.В. Горобинський, В.Р. Костанян // Нафтова і газова промисловість. – К., 2012. – № 6.
4. Герасименко Ю.М. Методика моніторингу стану промислової безпеки ГТС / Ю.М. Герасименко // Трубопровідний транспорт. – К., 2011. – № 1.
5. Едигаров А.С. Метод расчета зоны поражения при аварийных выбросах токсичного газа / А.С. Едигаров // Российский химический журнал, 1995. – Т. 39. – № 2. – С. 94-10.
6. Белов П.С. Временная методика расчета газовых выбросов наземных источников на объектах газовой промышленности / П.С. Белов. – М.: РАО «Газпром». – 1987. – 42 с.
7. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86. – Л.: Гидрометеиздат. – 1987. – 92 с.
8. Сафонов В.С. Теория и практика анализа риска в газовой промышленности / В.С. Сафонов, Г.Е. Одишария, А.Г. Швыряев. – М., 1996. – 27 с.
9. Берлянд Н.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы / Н.Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат. – 1975. – 448 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії 18.12.2018 р.  
Рекомендовано до друку д.т.н., професором Грудзом В.Я.,  
д.т.н., професором Говдяком Р.М. (м. Київ)*

---

**RESEARCH OF PROCESSES OF FORMATION POLLUTION AREARS IN ATMOSPHERE NEAR COMPRESSOR STATIONS OF TRUNK GAS PIPELINES.****Ya. Semchuk, H. Lialiuk-Viter**

*Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas;  
Department of Environmental Technology and Labor Safety;  
15 Karpatska Street, Ivano-Frankivsk 76019;  
tel. +38(0342)72-71-58; e-mail: bzhd@nung.edu.ua*

*In the article analyzes the formation of areas of atmosphere pollution which caused by the compressor stations of main gas pipelines. The main dangerous factors in the zone of influence of CS, which have affect on the natural environment, is the chemical pollution of atmosphere due to emissions of harmful substances by technological equipment CS and noisiness, the source of which are gas pumping units of different types. In the atmospheric pollution, there are 3 zones: 1) zone of "undiluted" concentrations; 2)transitional zone; 3) dispersed zones.*

*Essential processes of migration of air pollution are convective transfer, dispersion and molecular diffusion.*

*Also, in the article are given the methods of calculating of the concentrations of harmful substances and estimation of the levels of air pollution in the area of the compressor station location.*

*The main directions of reduction of the influence of CS on the environment are proposed, in particular: replacement of obsolete gas-pumping units with new ones; improvement of technological equipment; optimization of parameters of operation of gas turbine plants (GTU); the transfer of separate workshops (or CS as a whole) to electric power; reduction of ecological load on gas-pumping units (GPA); increase in the height of the smoke pipes; using secondary energy resources in the implementation of energy saving equipment and systems, etc.*

**Key words:** *compressor station, the atmosphere, area of environment pollution, convective transfer, dispersion*