

## АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ВИКИДІВ З РЕЗЕРВУАРІВ У АТМОСФЕРУ

**Abstract:** *There are made calculations according realization of the constructed mathematical model and analysis of the received results with determining regularities of shaping clouds of pollutions in air environment, aroused by the pollution of the steel vertical reservoirs, which are steam phase of the oil and oil products. Using proposed approach allows to increase efficiency and prediction of spreading allows to increase efficiency and prediction of spreading unhealthy evaporations on the industry entertainment enterprises of the oil complex, what allows to improve technico-economical indices in the nearest future.*

**Key words:** *sources of pollution, mathematical model, environment, concentration of pollutions.*

**Анотація:** *Проведено розрахунки щодо реалізації створеної математичної моделі та аналіз отриманих результатів із встановленням закономірностей формування хмари забруднень у повітряному середовищі, викликаних викидами вертикальних сталевих резервуарів, які є паровою фазою випаровування нафти і нафтопродуктів. Використання запропонованого підходу дозволяє підвищити ефективність прогнозування поширення шкідливих випарів на промислових підприємствах нафтогазового комплексу, що дозволить в найближчому майбутньому суттєво покращити техніко-економічні показники.*

**Ключові слова:** *джерела забруднення, математична модель, навколишнє середовище, концентрація викидів.*

**Аннотация:** *Проведены расчеты относительно реализации созданной математической модели и анализ полученных результатов с установлением закономерностей формирования загрязнений в воздушной среде, вызванных выбросами вертикальных стальных резервуаров, которые являются паровой фазой испарения нефти и нефтепродуктов. Использование предложенного подхода позволяет повысить эффективность прогнозирования расширения вредных испарений на промышленных предприятиях нефтегазового комплекса, что позволит в ближайшем будущем улучшить технико-экономические показатели.*

**Ключевые слова:** *источники загрязнения, математическая модель, окружающая среда, концентрация выбросов.*

### 1. Вступ

Провідну роль у паливно-енергетичному комплексі (ПЕК) займає нафта і нафтопереробна промисловість. При експлуатації нафтових підприємств найважливіше завдання – не допустити забруднення довкілля. Рівень безпеки нафтопереробних заводів (НПЗ) як найпотужніших об'єктів ПЕК для довкілля і здоров'я людства може бути різним – від найнезначнішого відхилення від норми до критичного і навіть катастрофічного.

При цьому необхідно враховувати наявність інших промислових об'єктів у зоні впливу НПЗ. Вплив об'єктів по переробці нафти і нафтопродуктів на навколишнє середовище має специфічний характер, який полягає в тому, що у випадку неправильної експлуатації даного об'єкта або його аварійного стану шкідливому впливу в тій чи іншій мірі піддаються всі компоненти навколишнього середовища. Для того, щоб звести до мінімуму забруднення території, необхідно прогнозувати можливі викиди нафти і нафтопродуктів у довкілля та моделювати площу забруднення території й напрям витоку в атмосферу та ґрунти, що дає можливість заздалегідь проводити заходи щодо збереження довкілля.

На даний час при видобуванні, підготовці, транспортуванні губиться близько 2% нафти і 2,6% продуктів її переробки. При цьому в атмосферу потрапляє близько 65% нафтових забруднень, у воду більше 20%, у ґрунти – до 15%. Приблизно половина нафтових органічних сполук із повітря осідає в регіонах переробки нафти і впливає на природне середовище через ґрунти та воду. Забруднення території нафтою, мінералізованими водами і хімічними реагентами за масштабом

впливу на біогеоценози є суттєвим технологічним фактором. Попередження і ліквідація наслідків екологічного забруднення нафтопродуктами ґрунтів і атмосфери – одна із трудомістких задач, яку вирішити у стислі терміни неможливо. Крім того, на підприємствах нафтопереробної промисловості утворюються відходи, які негативно впливають на навколишнє середовище. У зв'язку з цим проблема екологічної безпеки на даних підприємствах є актуальною задачею.

## 2. Математична модель розповсюдження викидів

Метою проведених розрахунків щодо реалізації створеної математичної моделі та аналізу отриманих результатів є встановлення закономірностей формування хмари забруднень у повітряному середовищі, викликаних викидами вертикальних сталевих резервуарів, які є паровою фазою випаровування нафти і нафтопродуктів.

Слід зауважити, що класичною задачею дифузійного зростання хмари в атмосфері є задача, наведена в [1, 2]. Однак, при її постановці та реалізації не враховувалась множина джерел, які є причиною формування хмари. Тому модель у такій постановці не здатна відтворити характеру забруднення атмосфери джерелами, які мають характерне розміщення у просторі й діють періодично в часі. Створена нова просторова нестационарна математична модель зміни концентрації забруднень у атмосфері від точкових джерел, розміщених у просторі з заданими коефіцієнтами і діючих у розрахункові моменти часу із заданою тривалістю, дозволить відтворити реальну картину формування хмари парів нафтопродуктів у районі резервуарного парку та встановити закономірності дифузійного забруднення атмосфери.

Джерелами забруднення навколишнього середовища на нафтопереробних заводах та нафтоналивних пунктах є ємності для зберігання нафти та нафтопродуктів, очисні споруди та засоби наливу, а також технологічні установки для переробки і перекачування. Перекачувальні станції та наливні пункти оснащені великою кількістю технологічного обладнання, яке є потенційним джерелом забруднення. До них відноситься запірна арматура, різні з'єднання та трубопровідні комунікації. Найбільш небезпечно забруднення докiлля відбувається при аваріях технологічного обладнання, ємностей для зберігання нафти та нафтопродуктів, переливи нафти і нафтопродуктів. У таких випадках можливе забруднення значних територій місцевості, а нафта або нафтопродукти, просочуючись у ґрунт, приводять у негідність його верхні родючі шари, водночас підземні води забруднюють водойми і річки. При випаровуванні легких фракцій нафти та нафтопродуктів забруднюється атмосфера.

В основі теорії екологічних забруднень навколишнього середовища лежить розроблена математична модель [3], яка описує розподіл забруднень в атмосфері при дії багатьох джерел із заданою інтенсивністю:

$$c(x, y, z, t) = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot D} \int_0^{\infty} \left[ \cos \beta \cdot \left( x - \frac{a}{2} \right) + \cos \beta \cdot \left( x + \frac{a}{2} \right) \right] \times \\ \times \int_0^{\infty} \left[ \cos \gamma \cdot \left( y - \frac{b}{2} \right) + \cos \gamma \cdot \left( y + \frac{b}{2} \right) \right] \cdot \sum_{t=\Delta t}^{n \cdot \Delta t} \int (\beta, \gamma, z, t) d\gamma d\beta, \quad (1)$$

де  $c(x, y, z, t)$  – масив значень концентрації парів нафтопродуктів, що викинуті в атмосферу,  $\Delta t$  – період затримки викидів парів,  $D$  – коефіцієнт дифузії,  $Q$  – потужність джерела, кг/с,  $\beta, \gamma$  – аргумент функції перетворення Фур'є.

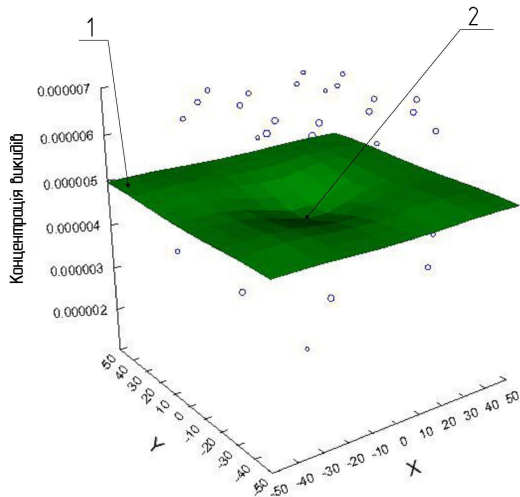
Запропонована математична модель встановлює закономірності формування хмари забруднень у повітряному середовищі, викликаних викидами вертикальних сталевих резервуарів паровою фазою випаровування нафти і нафтопродуктів, дозволяє відтворити реальну картину формування парів нафтопродуктів у районах резервуарних парків і встановити закономірності дифузійного забруднення атмосфери.

У результаті реалізації математичної моделі отримано концентрації викидів в атмосферному повітрі в межах площинки в формі квадрата розміром  $100 \times 100$  м, причому центр тривимірної координатної системи ( $x = 0, y = 0, z = 0$ ) розміщено у геометричному центрі виділеної площинки, апліката всіх джерел викидів відповідала висоті встановлення клапана  $z = 12$  м.

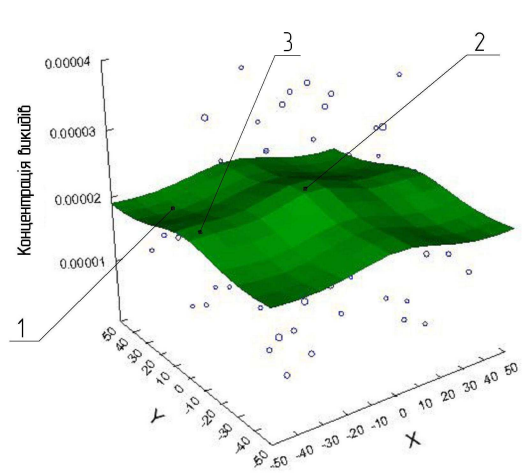
На рис. 1 приведені графічні залежності концентрації викидів із резервуарів по площі виділеної площинки для фіксованих моментів часу. Відлік часу для нестационарного процесу починається з моменту відкриття дихальних клапанів (у всіх резервуарах одночасно). Загальний аналіз отриманих результатів показав, що процес формування хмар забруднень в атмосфері, викликаний викидами із резервуарів, є коливальним процесом як у просторі, так і у часі. Причому слід зауважити, що зміна амплітуди процесу суттєво більша в часі, ніж по площі горизонтального повітряного шару й різко зменшується при відхиленні аплікати від рівня розміщення джерела викидів.

На рівні  $z = 12$  м (рис. 1), де діють чотири точкових джерела викидів, починаючи з моменту часу  $t = 0$  концентрація викидів в атмосфері підвищується майже рівномірно по всій площі й на момент  $t = 2,4$  год складає  $2 \cdot 10^{-6}$ , а в центрі площинки залишається меншою і складає  $3,44 \cdot 10^{-6}$ . За наступний проміжок часу  $\Delta t = 2,4$  год концентрація в точках дії джерел підвищується до величини  $36,548 \cdot 10^{-6}$ , а в центрі площинки за рахунок суперпозиції викидів усіх резервуарів збільшується до  $38,21 \cdot 10^{-6}$ . У той же час  $t = 4,8$  год на кутах площинки, як на найбільш віддалених точках від центру, концентрація складає  $18 \cdot 10^{-6}$ . У порівнянні з моментом часу  $t = 2,4$  год у цих периферійних точках концентрація зросла на величину  $14 \cdot 10^{-6}$ . Найбільше зростання концентрації викидів в атмосфері спостерігається в центрі площинки і складає  $34,766 \cdot 10^{-6}$ . Відхилення максимальної концентрації до її мінімального значення складає 2,123.

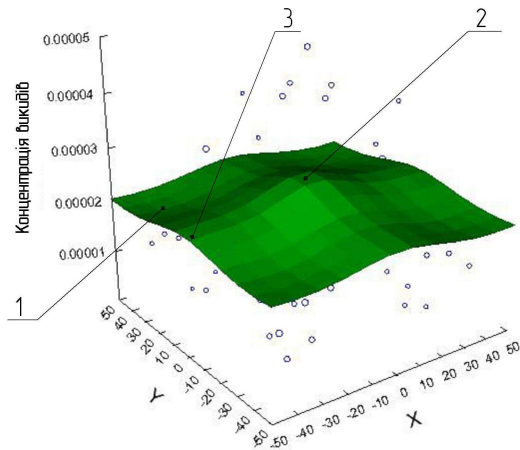
У наступний момент часу  $t = 7,2$  год спостерігається тенденція до вирівнювання концентрації викидів по площі площадки. У найбільш віддалених точках від центру площинки концентрація викидів зросла до  $20 \cdot 10^{-6}$ , а в центрі вона складає  $49,8855 \cdot 10^{-6}$ . Спостерігається зниження концентрації на величину  $11,6795 \cdot 10^{-6}$ . У точках дії джерел викидів концентрація складає  $36,548 \cdot 10^{-6}$ . Відношення максимального значення концентрації до мінімального рівне 2,4943.



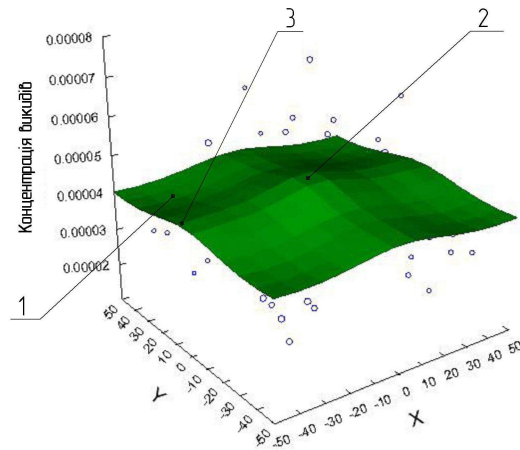
а) 1 –  $C = 3,2 \cdot 10^{-5}$ ; 2 –  $C = 3,44 \cdot 10^{-6}$



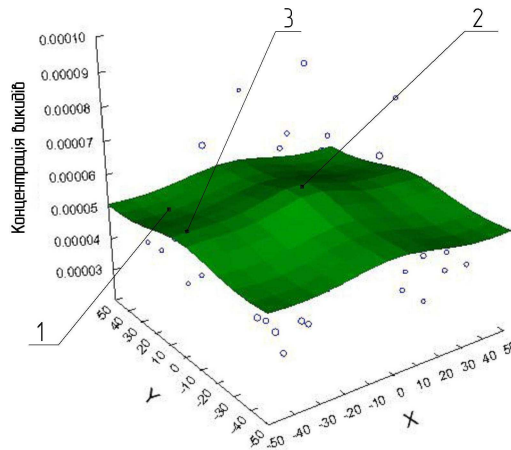
б) 1 –  $C = 3,44 \cdot 10^{-6}$ ; 2 –  $C = 38,206 \cdot 10^{-6}$ ;  
3 –  $C = 36,54 \cdot 10^{-6}$



в) 1 –  $C = 3,45 \cdot 10^{-6}$ ; 2 –  $C = 49,886 \cdot 10^{-6}$   
3 –  $C = 36,55 \cdot 10^{-6}$



г) 1 –  $C = 19,14 \cdot 10^{-6}$ ; 2 –  $C = 76,73 \cdot 10^{-6}$   
3 –  $C = 62,5 \cdot 10^{-6}$



д) 1 –  $C = 27,22 \cdot 10^{-6}$ ; 2 –  $C = 95,297 \cdot 10^{-6}$ ; 3 –  $C = 79,36 \cdot 10^{-6}$

Рис. 1. Результати розрахунку вмісту парів нафтопродуктів у атмосфері на висоті встановлення клапана: а)  $t = 2,4$  год; б)  $t = 4,8$  год; в)  $t = 7,2$  год; г)  $t = 9,6$  год; д)  $t = 12$  год

За наступні 2,4 год, тобто у момент часу  $t=9,6$  год спостерігається подальше вирівнювання концентрації по площі при загальному її зростанні. Мінімальна концентрація викидів на кутах ділення збільшилась до  $40 \cdot 10^{-6}$ , концентрація в точках дії джерел складає  $62,4982 \cdot 10^{-6}$ , максимальна в центрі ділянки досягає  $76,7277 \cdot 10^{-6}$ . Відношення максимальної концентрації до мінімальної 1,9182.

У момент часу  $t=12$  год, тобто за наступні 2,4 год продовжується вирівнювання концентрації викидів по площі виділеної території з одночасним зростанням її величини. Мінімальне значення концентрації у найбільш віддалених від центра точках складає  $51 \cdot 10^{-6}$ , а максимальне значення в центрі площинки –  $95,297 \cdot 10^{-6}$ . Відношення максимальної концентрації до мінімальної складає 1,86856.

З метою встановлення закономірностей формування хмари викидів в атмосфері при періодичній дії викидів пароповітряної суміші з резервуарів проведено аналітичні та числові дослідження процесу на різних горизонтальних рівнях по площинці встановлення резервуарів.

### **3. Висновки**

Розглянута математична модель може використовуватись для найпоширеніших схем розміщення джерел забруднень на території нафтопереробних підприємств. Використання запропонованого підходу дозволяє підвищити ефективність прогнозування поширення шкідливих випарів на промислових підприємствах нафтогазового комплексу, що дозволить у найближчому майбутньому суттєво покращити техніко-економічні показники.

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Акименко В.В. Математическое моделирование экологического состояния пограничного слоя атмосферы региона. – Луганск, 1998. – 188 с.
2. Алюян А. Е. Негидростатические численные модели локальных атмосферных процессов / Алюян А.Е. – Новосибирск, ВЦ СО АН СССР, 1984. – 41 с. – (Препринт/ АН СССР, ВЦ СО. Новосибирск, 1984-451).
3. Наследникова М.А. та інш. Дифузія викидів парів бензину / М.А. Наследникова, Д.Ф. Тимків, Т.Ф. Тутко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2007. – № 1(22). – С. 120 – 124.

*Стаття надійшла до редакції 20.11.2008*