

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПІДПРИЄМСТВА: ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ МЕТОДОМ МОДЕЛЮВАННЯ ЙОГО ІОНІЗОВАНOSTI

*Левченко Л.О., к.е.н., доцент,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»*

Аероіонний склад повітря виробничих приміщень є вагомим показником якості виробничого середовища. Особливістю цього показника є наявність у чинних санітарних нормах [1] мінімально допустимих, максимально допустимих та оптимальних концентрацій аероіонів у повітрі виробничих приміщень, що суттєво відрізняється від нормування переважної більшості фізичних та хімічних факторів, для яких встановлені гранично допустимі рівні. Ще однією особливістю формування аероіонного складу повітря виробничих приміщень є неоднозначний вплив технологічного обладнання, систем кондиціонування та вентиляції на концентрації аероіонів. Персональні комп'ютери та персонал, присутні у приміщеннях, значною мірою деіонізують повітря [2], кондиціонери різних конструкцій по різному впливають на цей показник: або знижують концентрації аероіонів обох знаків, або знижують концентрації аероіонів одного знаку (переважно позитивних) [3]. В той же час деякі пристрої (лазерні принтери, копіювальна техніка, високовольтне обладнання) є джерелами іонізації повітря.

Таким чином, для з'ясування необхідності вживання заходів з нормалізації (оптимізації) аероіонного складу повітря у приміщеннях необхідне визначення розподілу концентрацій аероіонів у просторі у стані динамічної рівноваги в залежності від кількісного та якісного складу технологічного обладнання, кількості персоналу, режиму вентиляції тощо.

Найприйнятнішим методом оцінювання цього показника є моделювання просторових змін концентрацій аероіонів в залежності від продуктивності джерел іонізації (деіонізації) повітря. В останні роки виконано низку теоретичних та експериментальних досліджень щодо отримання коректних моделей просторових розподілів аероіонів у приміщеннях. У роботі [4] було запропоновано математичний апарат щодо моделювання поширення аероіонів у просторі, який базується на рівнянні неперервності для слабо іонізованої плазми. Розгляд поширення іонів у одному напрямку не є зовсім коректним, про що свідчать значні розбіжності результатів, отриманих авторами, з експериментом. Ґрунтовне дослідження [5] базується на експериментальних даних, отриманих у лабораторних умовах (тестових приміщеннях). Отримані автором моделі стосуються дуже великих концентрацій іонів, які не зустрічаються у реальних умовах, що робить їх малоприсосованими для практичного використання. У роботі [6] авторами використаний суто геометричний підхід щодо поширення і розподілу аероіонів у просторі, в той час як реальні процеси формування аероіонного складу повітря супроводжуються процесами природної і штучної генерації іонів, та їх рекомбінацією. При цьому остання залежить від квадрату концентрації іонів. Найбільш наближений до реальних умов метод моделювання розподілу аероіонів запропоновано у дослідженнях [7; 8]. Врахування коефіцієнтів дифузії та рекомбінації, сферичності поширення аероіонів дозволило визначити зміну концентрацій аероіонів у часі (до насичення) і внесок у неї процесів дифузії. Проте дані роботи не дають можливості отримати тривимірні моделі просторового розподілу концентрацій у приміщенні як на стадіях формування іонного фону, так і у стані динамічної рівноваги, який відповідає ustalеним концентраціям аероіонів протягом основного робочого часу.

Метою статті є розроблення прийнятних за припущеннями і точністю тривимірних моделей просторових розподілів концентрацій аероіонів у приміщеннях за різної їх генерації та надання науково обґрунтованих рекомендацій щодо їх використання у працезохоронній практиці. Здійснення моделювання просторових та часових змін концентрацій аероіонів у повітрі виробничих приміщень потребує формування коректних математичних функцій, які характеризують поширення аероіонів у просторі та часі. За умови сферичності

розповсюдження аероіонів від джерела іонізації (відсутність спрямованого руху повітря) рівняння балансу аероіонів має вигляд:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = g + D \left(\frac{\partial^2 n}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial n}{\partial r} \right) - \gamma n^2 \quad (1),$$

де n – концентрація аероіонів;
 g – генерація іонів;
 D – коефіцієнт дифузії;
 r – відстань до точки визначення;
 γ – коефіцієнт рекомбінації.

Це рівняння не може бути розв'язане у загальному вигляді і потребує використання чисельних методів, що було реалізовано з використанням метода кінцевих різностей з неявною різностною схемою на адаптивній сітці на мові C++. При цьому вводився розмір джерела, який для наших розрахунків приймався $r_0 = 0,3$ м. Результатом розрахунків є тривимірне представлення (рис. 1).

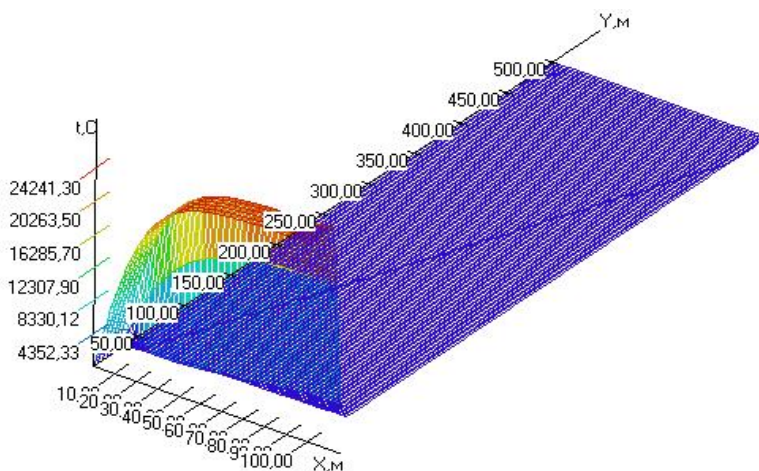


Рис. 1. Тривимірне представлення просторового і часового розподілу аероіонів у приміщенні ($n_0=600 \text{ см}^2$, $g=1000 \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$)

Як видно з рисунка, уявлення такої моделі досить складне для сприйняття, особливо на паперовому носії, тому доцільне розглядання відповідних проекцій.

На рис. 2 (а, б) наведено часові та просторові зміни концентрацій аероіонів.

Аналіз отриманих кривих показує, що за наявності джерел іонізації повітря у робочих приміщеннях має місце явище насичення (рис. 2а), показник якої є відправною точкою для подальших розрахунків. Розповсюдження аероіонів за рахунок дифузійних процесів досить обмежене і суттєве тільки поблизу джерела (критична відстань залежить від його продуктивності).

Через деякі спрощення реального процесу, не враховується вихідна (фонова) концентрація аероіонів, яка повинна додаватися до концентрацій, визначених графічно. Дана модель не враховує спрямованого руху повітря у приміщенні (за рахунок функціонування систем вентиляції кондиціонування повітря, систем охолодження технічних засобів тощо). Враховуючи складність процесів іоноутворення у повітрі (генерація іонів за рахунок природних випромінювань, радіоактивності будівельних матеріалів, деіонізацію повітря внаслідок функціонування технічних засобів) вихідну концентрацію аероіонів n_0 доцільно трактувати як вихідну генерацію аероіонів g_0 .

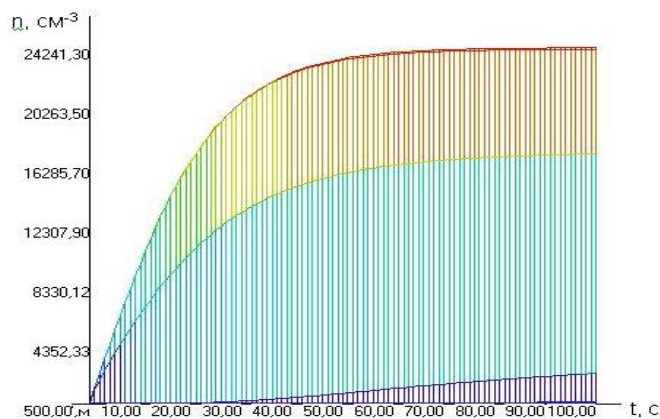


Рис. 2а. Часова залежність концентрації аероіонів у приміщенні: $n_0 = 600 \text{ см}^{-3}$, $g = 1000 \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$

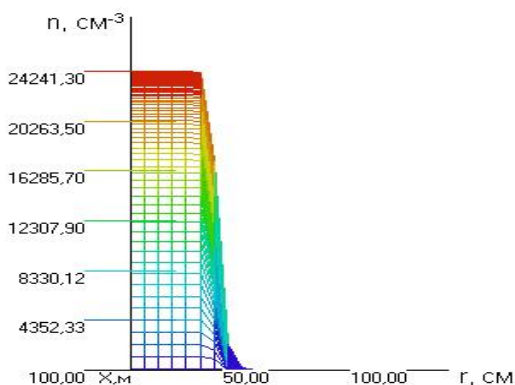


Рис.2б Просторова залежність концентрації іонів поблизу джерела іонізації повітря

У цьому випадку рівняння (1) приймає вигляд:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = g_0 + g + D \left(\frac{\partial^2 n}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial n}{\partial r} \right) - \gamma n^2.$$

Закономірності розповсюдження аероіонів у цьому випадку наведено на рис. 3.

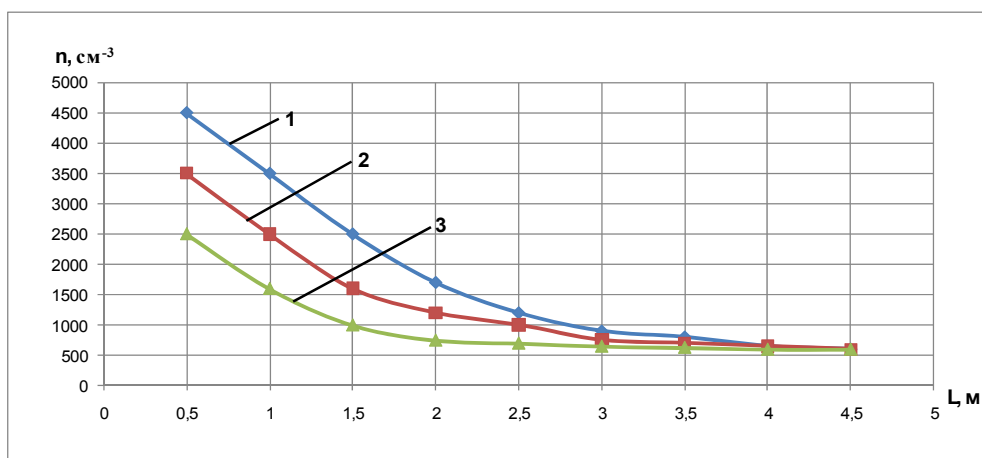


Рис. 3 Зміна концентрацій негативних аероіонів з відстанню від джерела іонізації повітря ($g_0 \approx 600 \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$). 1, 2, 3 відповідають $g = 2500, 3500, 4500 \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$.

Як видно з отриманого графічного матеріалу, концентрації аероіонів значною мірою знижуються з відстанню від джерела іонізації і асимптотично наближаються до фонового значення. З точки зору нормалізації аероіонного складу повітря, то його реалізація у повній мірі забезпечується спрямованим рухом повітря, що буде розглянуто у подальших дослідженнях.

Для отримання достовірної картини просторових і часових змін концентрацій аероіонів у повітрі виробничих приміщень та їх прогнозування в залежності від кількості джерел іонізації (деіонізації) повітря доцільне здійснення моделювання цих процесів.

Коректність моделювання забезпечується врахуванням сферичності поширення аероіонів від джерела іонізації повітря і отриманням відповідних тривимірних зображень, виходячи з функцій поширення аероіонів у полярних координатах.

Для практичного використання отриманих результатів доцільно розглядати проекції тривимірного зображення з побудовою сімейства кривих, які відповідають різним рівням генерації іонів. Предметом подальших досліджень є моделювання просторових та часових змін концентрацій аероіонів з урахуванням спрямованого руху повітря за його різних швидкостей.

Список літератури

1. Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений: СНиП 2152-80. – [Введен в действие 1980-12-02]. – М.: МЗ СССР, 1980. – 7 с. – (Межгосударственные санитарные нормы).
2. Проблема аэроионизации при создании рационального микроклимата в помещениях с персональными компьютерами / Н.И.Бабич, В.Г.Панов, С.Г.Антощук и др. // *Електромашинобудування та електрообладнання*. – 2009. – Вип.74. – С.41 – 47.
3. Глива В.А. Засоби підвищення якості повітря робочих приміщень / В.А.Глива, О.М.Бесараб, І.О.Азнаурян, С.А.Теренчук // *Техніка будівництва*. – 2010. – № 24. – С. 64 – 66.
4. Моделирование распределения концентрации ионов вблизи ионизатора / В.Е.Бахрушин, М.А.Игнахина, Д.В.Вертинский и др. // *Складні системи і процеси*. – 2002. – № 1. – С.30 – 35.
- 5.Noakes C.J. Modelling the air cleaning performance of negative air ionisers in ventilated rooms / C.J. Noakes, P.A.Sleigh, C.B.Beggs // *Proceeding of the 10 th Int. Conference on Air Distribution in Rooms (Roomvent 2007)*, 13 – 15 June 2007. – Helsinki, 2007. – 11 p.
6. Чураков А.Я. Спосіб побудови поверхонь концентрації аероіонів від розсіювальних джерел випромінювання / А.Я. Чураков, О.В.Строкань // *Прикладна геометрія та інженерна графіка. Праці ТДАТУ*. – 2010. – Вип.4. – Т.45. – С.85 – 88.
7. Глива В.А. Визначення та прогнозування динаміки зміни аероіонного складу повітря виробничих приміщень / В.А.Глива, В.І.Клапченко, С.М.Пономаренко та ін. // *Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»*. – 2010. – Вип.19. – С.161–168.
8. Запорожець О.І. Принципи моделювання динаміки аероіонного складу повітря у приміщеннях / О.І.Запорожець, В.А.Глива, О.В.Сидоров // *Вісник національного авіаційного університету*. – 2011. – № 2. – С.120–124.

ЗРОСТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ – СКЛADOVA СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЕКОНОМІЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ У ВІДНОВЛЮВАЛЬНУ ЕНЕРГЕТИКУ

*Люльчак З.С., к.е.н., доцент,
Національний університет «Львівська політехніка»*

В умовах значних втрат доквілля від виробництва енергії традиційною енергетикою зростає значення оцінювання вигод для доквілля від виробництва електро- та теплоенергії з відновлювальних джерел енергії. Так, основними антропогенними джерелами забруднення атмосфери в Україні є професійна (традиційна) і промислова енергетика (36,34%), промислові технології – добувні (21,61%) та переробні (35,36%) (табл. 1).

Щодо визначальних забруднювачів атмосферного повітря, то найважливішими з них є:

– NO₂ (діоксид азоту) – процеси спалювання палива в традиційній енергетиці та транспорті;