УДК 538.69:331.45

д.т.н. Водяник А.О.,
Національний технічний університет України «КПІ»,
Віднічук Т.В.,
Рівненський обласний інститут післядипломної освіти

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЙ АЕРОІОНІВ ТА ВМІСТУ ПИЛУ У ПОВІТРІ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Досліджено можливості визначення концентрацій аероіонів та дрібнодисперсного пилу у повітрі приміщень з врахуванням їх взаємозв'язку. Встановлено можливість знепилення повітря за рахунок зміни генерації іонів. Визначена незалежність вмісту аероіонів у повітрі за їх великих концентрацій від режимів вентиляції.

Вступ. Якість повітря довкілля, виробничих та громадських приміщень є одним з найбільш важливих гігієнічних показників середовища. При цьому вагомим параметром, який характеризує якість повітря, є рівень його іонізації, тобто концентрації негативних та позитивних аероіонів. Особливістю нормування цього фізичного фактору є те, що існують мінімально і максимально допустимі концентрації аероіонів різних знаків, а також їх оптимальні концентрації.

Аналіз сучасного стану проблеми. Дослідження, виконані протягом багатьох років, довели важливість підтримки належного аероіонного складу повітря виробничого середовища. На сьогоднішній день встановлено, що при підвищених або знижених до визначених рівнів концентраціях аероіонів обох знаків виникають несприятливі зміни здоров'я. Найбільша кількість скарг, що висуваються в умовах неоптимальної іонізації, - незадовільне самопочуття, підвищена втомлюваність, головний біль, підвищений тиск та безсоння [1-3].

Аероіонний склад повітря регламентується в Україні санітарними нормами [4]. Особливістю цих санітарних норм є те, що вони розглядають аероіонний склад повітря виробничих та громадських приміщень, тобто обмежених об'ємів. В той же час значна кількість працюючих перебувають або на відкритому повітрі (відкриті розробки), у шахтах та цехах великих об'ємів, де внаслідок технологічних процесів відбуваються значні зміни як хімічного, так і аероіонного складу повітря. При цьому норматив [4] регламентує концентрації тільки легких аеронів, що в умовах гірничих та металургічних підприємств недостатньо. У загальному випадку характеристиками іонів є рухомість та заряд. Рухомість визначається коефіцієнтом пропорційності К ($см^2/с \cdot В$) між швидкістю іонів та напруженістю електричного поля, що

впливає на іон. Цей коефіцієнт змінюється від 1 (легкі аероіони) до 0,0002 і більше (надважкі аероіони). Особливістю утворення важких та надважких аероіонів є адсорбція легких іонів на незаряджених ядрах конденсації. В умовах гірничих та металургійних підприємств такими є дрібнодисперсний пил та аерозолі різного походження. При цьому поряд зі зростанням концентрації важких аероіонів відбувається наднормативне зниження концентрації легких.

Чинний норматив вимагає щоквартального контролю концентрації аероіонів різних знаків у виробничих приміщеннях. Проте, враховуючи, що цей параметр значною мірою залежить від температури і вологості повітря, швидкості його руху, вмісту пилу, цей контроль повинен виконуватися частіше. При цьому потребує контролю як концентрації легких так і важких аероіонів. Наприклад, особливістю гірничих підприємств є значна різниця вихідного стану повітря (без техногенних впливів). Підвищений радіоактивний фон є потужним фактором іонізації повітря, що притаманне гранітним кар'єрам та урановим копальням.

Попередні дослідження та вимірювання, виконані з використанням лічильника аероіонів «МАС-01», показали, що навіть за однакових атмосферних умов концентрації як важких, так і легких аероіонів відрізняються на порядок і більше [5,6]. При цьому значний вплив на концентрації аероіонів має концентрації пилу, які мають жорсткий зв'язок. Взаємозалежність концентрацій легких аероіонів та зважених частинок дає змогу оцінити концентрації цих частинок у повітрі робочих приміщень. Потреба у такій оцінці обумовлена шкідливістю їх для здоров'я працюючих, в той час як експериментальне визначення кількості пилу у повітрі за його малих концентрацій (що притаманне для багатьох приміщень) ускладнюється недосконалістю методів вимірювання концентрацій пилу та аерозолей.

Метою роботи є розробка засад одночасного визначення концентрацій аероіонів та пилу у виробничих приміщеннях.

Виклад основного матеріалу. Виходячи зі співвідношення концентрацій легких аероіонів і зважених частинок:

$$\frac{dn}{dt} = g_n - \gamma np - \beta nA\,,$$

$$\frac{dp}{dt} = g_p - \gamma np - \beta pA,$$

де g_n, g_p – рівні генерації негативних і позитивних іонів;

γ – коефіцієнт рекомбінації іонів;

β – коефіцієнт комбінації іонів зі зваженими частинками,

n, p – концентрації негативних і позитивних іонів (легких),

A – концентрація зважених частинок.

Можливе визначення концентрацій пилу та аерозолей у повітрі приміщень. Якщо у приміщеннях діє примусова вентиляція потрібні відомості про концентрацію аероіонів за межами приміщення (на вільному повітрі), продуктивність вентиляції (об'єм повітря, що подається у приміщення за одиницю часу) та об'єм приміщення. Відношення двох останніх параметрів є швидкість повітрообміну у приміщенні (кількість змін повітря за одиницю часу).

У данному випадку:

$$\frac{dn}{dt} = g_n - \gamma np - \beta nA + n_0 B - nB,$$

$$\frac{dp}{dt} = g_p - \gamma np - \beta pA + p_0 B - pB,$$

де n_0, p_0 – концентрації негативних і позитивних аероіонів за межами приміщення;

B – кількість змін повітря у приміщенні за одиницю часу.

При цьому, осіданням часток на поверхні внаслідок електростатичних взаємодій можна знехтувати через відносно малу концентрацію аероіонів у приміщеннях офісного використання. За умови високих концентрацій аероіонів у повітрі (n > 4000 см$^{-3}$) відбувається їх інтенсивне осідання на зважені частинки, які, отримуючи заряд, осідають на електризовані поверхні. Цей процес достатньо інтенсивний через часткову електризацію усіх полімерних оздоблювальних матеріалів. Це надає змогу не тільки нормалізувати аероіонний склад повітря виробничих приміщень, а і очищувати його від дрібнодисперсного пилу, аерозолей, важких аероіонів.

Представляє інтерес визначення впливу режиму вентиляції на концентрацію аероіонів та пилу у приміщенні. Експеримент виконувався у приміщенні малих розмірів (3×3 м) з припливно-витяжною вентиляцією. При цьому стабільно функціонувало джерело іонізації повітря з продуктивністю ~ 10^5см$^{-3}$ с$^{-1}$. Результати вимірювань (рис.1) свідчать, що концентрація аероіонів за наявності досить потужного, постійно працюючого джерела іонізації повітря, практично не залежить від режиму вентиляції. Вміст пилу оцінюється за наведеними вище співвідношеннями. Але це спостерігається за значних концентрацій аероіонів у повітрі, в той час як оптимальними концентраціями негативних аероіонів є 3000 – 5000 см$^{-3}$ згідно чинних санітарних норм. Проте, навіть за їх перевищення, ці показники далекі від гранично допустимих (50 000 см$^{-3}$), що дає змогу в умовах виробництв підтримувати стабільний аероіонний склад повітря за рахунок припливно-витяжної вентиляції та додатково очищувати його від пилу регулюванням генерації іонів.

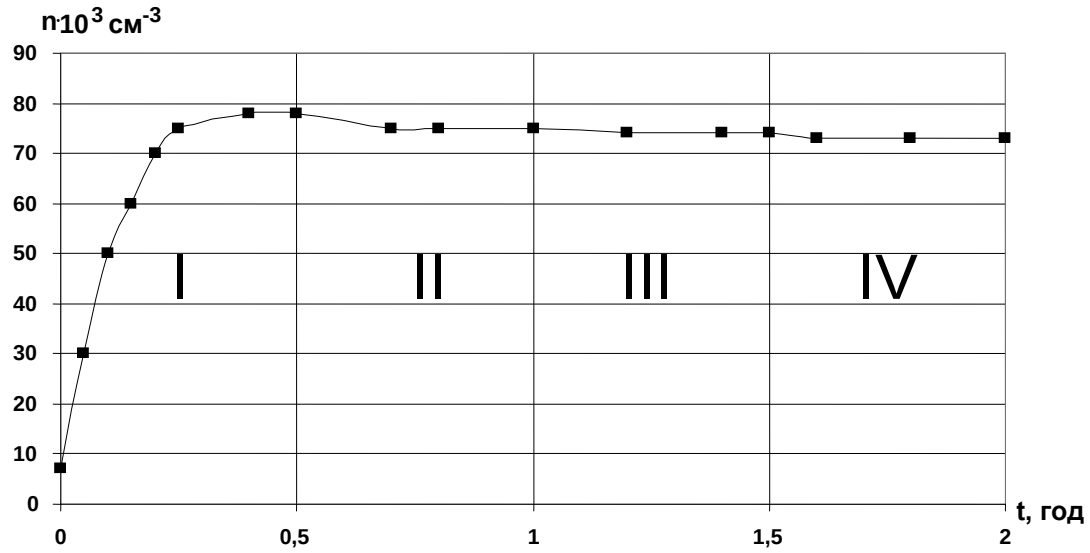

Рис.1. Зміна концентрації аероіонів у приміщенні в залежності від режиму вентиляції. I, II, III, IV відповідають 2, 4, 6, 8 повним змінам повітря за годину

В цілому, отримані експериментальні та теоретичні дані щодо просторової та часової динаміки аероіонного складу повітря разом з відомими продуктивностями джерел, притаманних автоматизованим системам, дають можливість підтримувати концентрацій аероіонів обох знаків та пилу на нормативному рівні.

Висновки

1. Визначення концентрації пилу у виробничих приміщеннях за його малої концентрації можливе за рахунок відстежування динаміки аероіонного складу повітря.

2. Очищення повітря приміщень від пилу доцільне за рахунок підвищення концентрацій аероіонів, що сприяє осіданню пилу на поверхні.

3. За достатньою (нормативною) концентрацією аероіонів обох знаків та їх постійної генерації цей показник практично не залежить від режимів вентиляції приміщень.

4. Отримані результати надають змогу здійснювати контроль за якістю повітря у робочих приміщеннях з мінімальною кількістю вимірювань.

Література

1. Коваленко О.В. Гігієнічні критерії оптимізації іонізованості повітря приміщень багатофункціональних житлових комплексів / О.В.Коваленко, В.Я.Акіменко // Гігієна населених місць. - 2007. -Вип.49. С. 198-211.

2. Шандала М.Г. Аэроионизация как неблагоприятный фактор внешней среды / Шандала М.Г.- К.: Здоровье, 1974.-164с.

3. Милова Л.Н. Ионизация воздушной среды в условиях промышленного города и её влияние на здоровье населения (на примере г.Липецка): дис. канд. мед. наук: 14.00.07 / Милова Лариса Николаевна. - М., 2004. - 246с.

4. Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений: СниП 2152-80.- [Введен в действие 1980-12-02]. - М.: МЗ СССР, 1980. - 7с. - (Межгосударственные стандартные нормы).

5. Клапченко В.І. Система контролю та нормалізації фізичних параметрів виробничого середовища в енергонасичених будівлях і спорудах / В.І.Клапченко, С.А.Теренчук, О.Г. Вільсон, О.В.Панова // Містобудування та територіальне планування. - 2009. - Вип. 34. С. 226-230.

6. Глива В.А. Моделювання динаміки аероіонного складу повітря виробничих приміщень / В.А.Глива, В.І.Клапченко, С.А.Теренчук, С.М.Пономаренко // Техніка будівництва. - 2009. - Вип. 23. С. 114-117.

Аннотация

Исследованы возможности определения концентраций аэроионов и мелкодисперсной пыли в воздухе помещений с учетом их взаимосвязи. Установлена возможность очистки воздуха от пыли за счет изменения генерации ионов. Показано, что при больших концентрациях ионов в воздухе, их содержание не зависит от режимов вентиляции.

The summary

The possibilities of determining the concentrations of ions and fine dust in the air space in accordance with their relationship. The possibility of cleaning the air of dust due to changes in ion generation. It is shown that at high concentrations of ions in the air, their content does not depend on the ventilation mode.