

УДК 613.5:614.72

д.т.н., доцент Глива В.А.,
glyva.valentin@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1257-3351,
Національний авіаційний університет, м. Київ,
к.е.н., доцент Левченко Л.О.,
larlevch@ukr.net, ORCID: 0000-0002-7227-9472,
Національний технічний університет України,
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
к.т.н., доцент Панова О.В.,
elenapanova169@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7975-1584,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
к.т.н., доцент Тихенко О.М., okstih@ua.fm, ORCID: 0000-0001-6459-6497,
Національний авіаційний університет, м. Київ

ВПЛИВ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА АЕРОІОНІЗАЦІЮ ПОВІТРЯ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Представлені результати спільної дії негативних аероіонів при різних значеннях відносної вологості і відстаней від джерела іонізації у робочих приміщеннях. Запропоновано методи нормалізації та підтримки на нормативному рівні стабільної концентрації аероіонів в повітрі з урахуванням дії технічних засобів у робітничому середовищі.

Ключові слова: концентрація аероіонів в повітрі, іонізація, відносна вологість, санітарні норми.

Вступ. Аероіонізація повітря виробничого середовища є важливим фізичним фактором впливу на працюючих і регламентується чинними санітарними нормами [1]. Важливим є підтримання його на нормативному (оптимальному) рівні у приміщеннях, де працює персонал з великим психоемоційним навантаженням. До такого персоналу належать працівники систем керування технологічними процесами – повітряним рухом, енергетичними об'єктами тощо. Технічні засоби автоматизованих систем значною мірою впливають на показники мікроклімату робочих приміщень [2]. Параметри мікроклімату і концентрації аероіонів у повітрі регламентується санітарними норми з експлуатації електронно-обчислювальних машин [3]. Це потребує впровадження заходів з їх нормалізації та підтримання на нормативному рівні. Але залишається недостатньо з'ясованим взаємозв'язок таких показників у реальних умовах експлуатації технічних засобів.

Сучасний стан питання. Дослідження з впливу мікрокліматичних показників та присутності людей у робочих приміщеннях на концентрацію

аероіонів у повітрі було розглянуто у роботі [4]. У цій праці надано результати вимірювань зміни вологості повітря та концентрації аероіонів упродовж робочого дня, але не розглянуто ці параметри за наявності дії показників технічних засобів. У роботі [5] надано деякі дані щодо зміни концентрації аероіонів у приміщенні упродовж робочого дня, але не з'ясовано причини таких змін. У дослідженні [6] розглянуто вплив вологості повітря та відстані від джерела на концентрацію негативних аероіонів у повітрі приміщення. Отримані кількісні результати вимірювання відбувались у тестовому приміщенні за наявності лише іонізатора повітря, що не зовсім прийнятно для практичного використання цих показників. Це ж стосується роботи [7], де у лабораторних умовах досліджувались зміни концентрації аероіонів в умовах примусової вентиляції. Наведений недолік є причиною деякої розбіжності просторових розподілів концентрації аероіонів у приміщеннях, отриманих у роботі [8]. **Актуальним** є з'ясування впливу вологості повітря, температури, режиму вентиляції на аероіонний склад повітря у реальних робочих приміщеннях за наявності людей та технічних засобів і можливостей його нормалізації.

Метою роботи є дослідження взаємного впливу мікрокліматичних параметрів і концентрації аероіонів у повітрі робочих приміщень з фіксованою кількістю працюючих та технічних комплексів і розроблення заходів з підвищення якості повітря.

Наявність працівників у приміщеннях та функціонування комп'ютерної техніки впливає на температурний режим та відносну вологість повітря, що обумовлює необхідність здійснення природної або примусової вентиляції (кондиціонування) приміщень. Мікрокліматичні параметри згідно роботи [3], досить жорсткі: температура 21-24°C, відносна вологість повітря – 40-60%. Тому норматив вимагає використовувати прилади зволоження, штучної іонізації, кондиціонування повітря, з метою підтримання допустимих значень мікроклімату та концентрації позитивних і негативних іонів. Застосування засобів іонізації, на нашу думку, виправдане лише у випадку, коли інші можливості вичерпано, враховуючи, що майже усі пристрої штучної іонізації генерують побічні шкідливі речовини (переважно оксиди азоту та неконтрольовану кількість озону [9]).

Експерименти проводились у приміщенні 10,5×6,0×3,8 м з примусовою вентиляцією, у якому перебувають 6 працюючих і постійно працюють 6 персональних комп'ютерів. Вимірювання виконувались у середині робочого дня, аероіонний фон складав за негативними іонами 800-1000 см⁻³. Джерелом аероіонів був ультразвуковий іонізатор повітря. Вимірювання концентрації аероіонів здійснювалось стандартним лічильником аероіонів MAC-01. Результати експерименту наведено на Рис. 1.

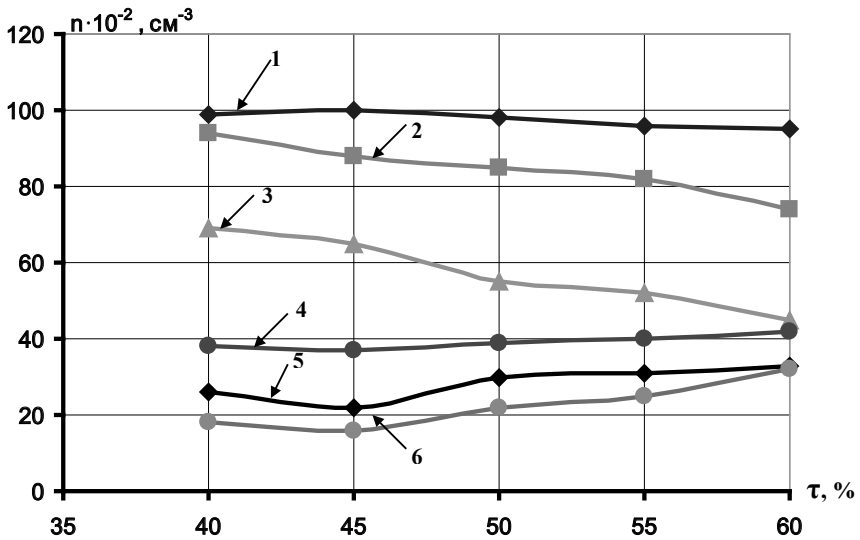


Рис. 1. Середні концентрації негативних аероіонів у приміщенні за різних відносних вологостей та відстаней від джерела іонізації (графіки 1-6: 1 – 0,3 м; 2 – 1 м; 3 – 3 м, 4 – 5 м, 6 – 6 м)

Різні залежності зміни концентрацій аероіонів від відносної вологості на різних відстанях від джерела потребують прийнятної трактовки. На малих відстанях незалежність концентрації від відносної вологості пояснюється, на нашу думку тим, що за великої концентрації аероіонів процес приєднання до них молекул води за відомим механізмом не встигає відбуватись.

На більших відстанях відбувається значне стікання молекул води на первинні іони, створюються аерозолі з малими рухомостями, які не реєструються лічильником аероіонів (рухомості нижче за $0,4 \text{ см}^2/\text{В}\cdot\text{с}$). На великих відстанях спостерігається збільшення концентрації аероіонів за рахунок появи вторинних аероіонів та наявності стабільних фонових іонів на які стікаються молекули води при збільшенні відносної вологості.

Унаочнити отримані результати доцільно за допомогою визначення залежності концентрації аероіонів від відстані до джерела (Рис.2).

Аналіз отриманих кривих свідчить, що вони відповідають наступним аналітичним функціям з достовірністю апроксимації R:

$$n=1,7947L^2-27,5L+113,4 \quad R^2=0,97 \quad (1)$$

$$n=28\text{Ln}(L)+75,4 \quad R^2=0,97 \quad (2)$$

$$n = -23 \ln(L) + 69$$

$$R^2 = 0,97$$

(3)

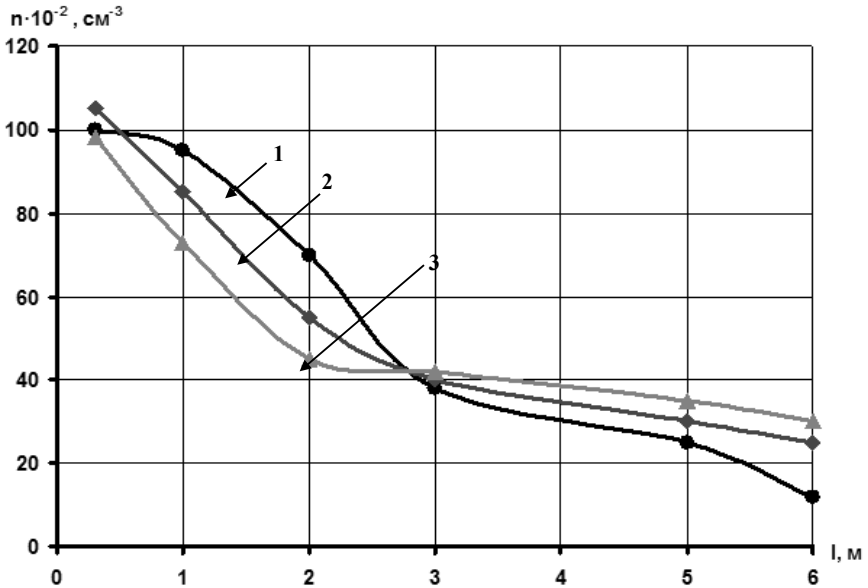


Рис.2. Зміна концентрацій легких негативних аероіонів з відстанню від джерела для різних відносних вологостей повітря 1, 2, 3 відповідають відносним вологостям повітря відповідно 40%, 50%, 60%

В цілому наведені графічні результати відповідають експериментальним даним, отриманим у попередній роботі [8].

Деякі відмінності пояснюються значною паспортною похибкою лічильника аероіонів і неможливістю тривалої стабілізації концентрації аероіонів від джерела малої продуктивності. Можна зробити висновок, що для джерела такого типу відстані 2,5-3,5 м є некритичними щодо змін вологості у робочих приміщеннях, якщо температура і відносна вологість перебувають у межах нормативу [3], (що і було реалізовано у експерименті).

Важливим є визначення впливу режиму вентиляції на концентрацію аероіонів у приміщенні. Експеримент виконувався у приміщенні малих розмірів (3×3 м) з припливно-витяжною вентиляцією при стабільному функціонуванні джерела іонізації повітря з продуктивністю $\sim 10^5 \text{ см}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$.

Результати вимірювань наведено на Рис. 3.

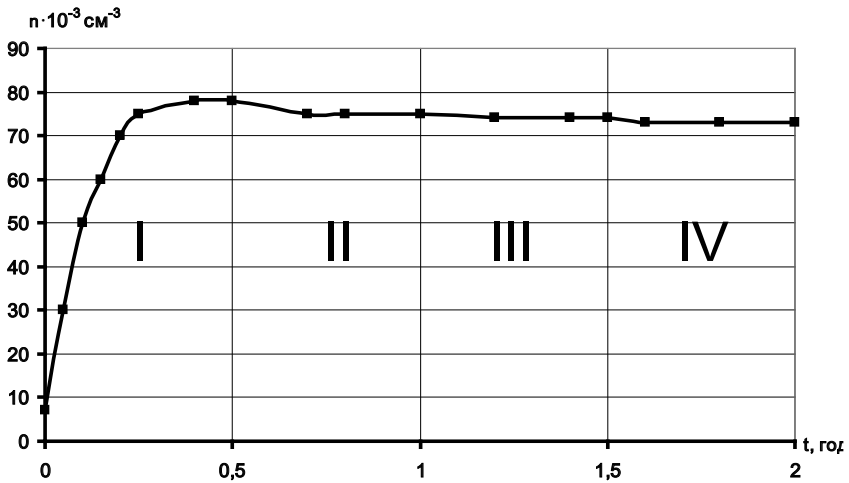


Рис. 3. Зміна концентрації аероіонів у приміщенні в залежності від режиму вентиляції. I, II, III, IV відповідають 2,4,6,8 повним змінам повітря за годину

Результати свідчать, що концентрація аероіонів за наявності досить потужного та постійно працюючого джерела іонізації повітря, практично не залежить від режиму вентиляції. Проте висновок щодо неможливості керування аероіонним складом повітря у приміщеннях за допомогою систем вентиляції робити не можна. Відомо, що за умови присутності людей, наявності дрібнодисперсного пилу у повітрі, легкі аероіони утворюють кластери, формуючи важкі аероіони, осідають на аерозолях та частинках. В результаті чого, протягом робочого дня постерігається зменшення концентрації легких аероіонів у 10-15 разів. Таким чином, за рахунок вентиляції, стабільність концентрації легких аероіонів свідчить про винос різного роду частинок, що має значний гігієнічний ефект і зменшує електризацію діелектричних поверхонь.

Баланс аероіонів і заряджених частинок можна розраховувати з використанням методики, наведеної у [7], яка розроблена у розвиток відомого співвідношення часової зміни концентрації аероіонів за рахунок рекомбінації:

$$\frac{dn}{dt} = g - \gamma n^2,$$

де n - концентрація аероіонів, g - продуктивність джерела іонів, γ - коефіцієнт рекомбінації. У даному випадку рівняння мають вигляд:

$$\frac{dn}{dt} = g_n - \gamma n - \beta n A; \quad \frac{dn}{dt} = g_p - \gamma p - \beta p A,$$

де n - концентрація негативних аероіонів, p - позитивних іонів, g_n і g_p - відповідні рівні генерації, β - рівень комбінації іонів з аерозольними частинками концентрації A .

Кількісні значення γ і β відомі, тому доцільне визначення зміни концентрації частинок розрахунками, за зміною концентрацій легких аероіонів.

На рис.4 наведено зміни концентрації легких аероіонів і частинок у реальному робочому приміщенні, розглянутому вище, упродовж робочого дня. При цьому з 4 до 5 години робочого дня (обідня перерва) вмикався потужний аероіонізатор з ультразвуковим генератором.

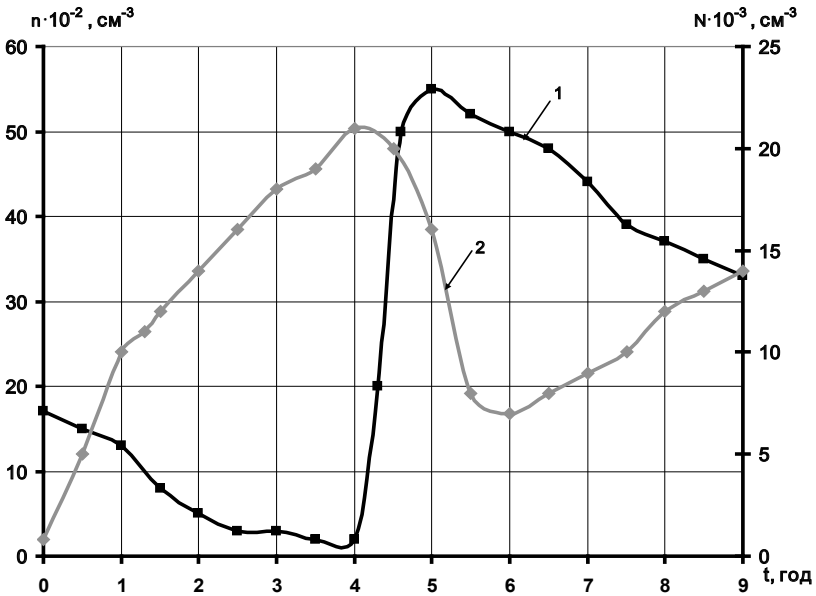


Рис. 4. Зміна концентрацій легких аероіонів та вважених частинок у повітрі приміщення упродовж робочого дня, де n – концентрація легких аероіонів (графік 1), N – концентрація частинок (графік 2)

Результати свідчать, що за використання іонізатора, який генерує велику кількість аероіонів (більше оптимального рівня) нормалізується аероіонний склад повітря робочого приміщення та відбувається його очищення від

аерозолів та дрібнодисперсного пилу через їх зарядження, взаємодію та осідання на поверхнях. (Накопичення електростатичних зарядів не спостерігається, принаймні на рівні чутливості приладів.

Пропонований захід з очищення та іонізації повітря підвищує якість виробничого середовища та сприяє надійності функціонування технологічного обладнання - зменшення накопичення пилу на вентиляторах охолодження, що знижує їх шумності, осідання пилу на екрани моніторів тощо.

Висновки

1. Концентрація легких аероіонів у робочих приміщеннях не залежить від температури, враховуючи малий температурний інтервал, регламентований санітарними нормами.

2. Зміна концентрації легких аероіонів у приміщеннях в залежності від відносної вологості має складний характер і є функцією відстані від джерела іонізації. Для типових джерел іонізації у приміщеннях з експлуатації комп'ютерної техніки оптимальна відстань від них до працюючих складає 2,5-3,5 м, що узгоджується з рекомендаціями з електромагнітної безпеки.

3. Концентрація легких аероіонів у приміщенні за умови неперервного функціонування джерела іонізації повітря практично не залежить від швидкості повітрообміну за рахунок примусової вентиляції. Наявність припливно-втяжної вентиляції дозволяє підтримувати концентрації легких аероіонів на стабільному рівні.

4. Оптимізацію аероіонного складу повітря на робочих місцях доцільно виконувати з урахування функцій просторових змін концентрацій аероіонів за рахунок відповідного розміщення робочих місць.

5. Нормалізація (оптимізація) аероіонного складу повітря робочих приміщень, його очищення від аерозолів і дрібнодисперсного пилу можлива за рахунок використання аероіонізатора з великою генерацією іонів під час відсутності працюючих у приміщенні.

Література

1. ДНАОП 0.03-3.06-80. Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень № 2152-80: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://document.ua>.

2. Pankiv Kh.V. On the issue of light air ions normalization in the air of controllers room / Kh.V. Pankiv, I.I. Paryliak, O.V. Sydorov, L.O. Levchenko // Proceedings The Sixth world congress «Aviation in the XXI-st century», September 23-25, 2014. - Vol. 2. - Pp. 5.2.39-5.2.41.

3. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин: НПОП 0.00.-1.28-10. – [Чинний від 2010-19-02]. - К.:

Держнаглядохоронпраці України, 2010. - 10 с. (Нормативний документ Держспромгірнагляду України).

4. Сидоров О.В. Нормалізація аероіонного складу повітря в офісних приміщеннях: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Сидоров Олександр Володимирович. - К, 2014. - 144 с.

5. Назаренко В.І. Фізіологічна оцінка мікроклімату сучасних офісних приміщень та адапційні реакції організму офісних працівників / В.І. Назаренко, П.С. Терещенко, С.П. Палійчук та ін. // Український журнал з проблем медицини праці. - 2014. - № 2. - С. 41-47.

6. Wu C.C. Influence of air humidity and the distance from the source on negative air ion concentration in indoor air / C.C. Wu, W.M. Lee, S. Yang et al. // Science of the Total Environment. - 2006. - Vol. 370. - P. 245-253.

7. Fletcher L.A. Air ion behaviour in ventilated rooms / L.A. Fletcher, C.J. Noakes, P.A. Sleig et al. // Indoor and Built Environment. - 2008. - Vol. 17. - № 2. - P. 173-182.

8. Сукач С.В. Методичні засади підвищення якості контролю аероіонного складу повітря виробничого середовища / С.В. Сукач, О.В. Сидоров // Проблеми охорони праці в Україні. - 2016. - № 32. - С. 127-133.

9. Беляев Н.Н. Математическое моделирование аэроионного режима в помещении при искусственной ионизации воздуха / Н.Н. Беляев, С.Г. Цыганкова // Строительство, материаловедение, машиностроение. - 2015. - № 83. - С. 40-46.

д.т.н., доцент Гльва В.А.,

Национальный авиационный университет, г. Киев

к.э.н., доцент Левченко Л.А.,

Национальный технический университет Украины,

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»,

к.т.н., доцент Панова Е.В.,

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,

к.т.н. Тихенко О.Н., Национальный авиационный университет, г. Киев

ВЛИЯНИЕ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА АЭРОИОНИЗАЦИЮ ВОЗДУХА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Представлены результаты совместного действия отрицательных аэроионов при различных значениях относительной влажности и расстояний от источника ионизации в рабочих помещениях. Предложены методы

нормализации и поддержки на нормативном уровне стабильной концентрации аэроионов в воздухе с учётом действия технических средств в рабочей среде.

Ключевые слова: концентрация аэроионов в воздухе, ионизация, относительная влажность, санитарные нормы.

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head
of the Department of Civil and Industrial Safety Glyva V.A.,
National Aviation University,
PhD, Associate Professor of the
Department of Automation designing of power
processes and systems Levchenko L.O.,
National Technical University of Ukraine,
«Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute»
PhD, Associate Professor
of the Department of Physics Panova O.V.,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
PhD, Associate Professor
of the Department of Ecology Tykhenko O.M.,
National Aviation University

INFLUENCE OF MICROCLIMATIC PARAMETERS ON AERONIZATION OF AIR FOR PRODUCTION ENVIRONMENT

The results of the combined action of negative airions in working rooms with various values of relative humidity and various distances from the ionization source are presented. Proposed here are the methods for normalizing and maintaining the stable concentration of air ions in the air at a standard level, taking into account the technical actions taking place in the working environment.

Key words: aeroion concentration in air, ionization, relative humidity, sanitary standards.