

Н. В. Касаткіна¹, О. В. Панова², К. Д. Ніколаєв³

¹ Національний університет харчових технологій, Київ, Україна

² Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

³ Управління інноваційної політики та науково-технічного розвитку, Київ, Україна

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО НОРМАЛІЗАЦІЇ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Анотація. Розглянуто можливості нормалізації аероіонного режиму повітря приміщень без застосування коронних іонізаторів повітря з побічною генерацією озону й оксидів азоту. Наведено результати експериментів по визначенню динаміки концентрацій аероіонів обох полярностей. Показано, що під час роботи стандартного ультразвукового зволожувача повітря за зміни відносної вологості з 38 до 45 % концентрації іонів змінюються наступним чином: n^- – з 230 до 560, n^+ – з 260 до 410, що можна вважати задовільним. Але під час роботи кондиціонера, та у залежності від часу доби пропорції полярностей аероіонів різні. Це пояснюється як переважною позитивною іонізацією приземного шару повітря у нічний та ранковий час та частково непередбачуваною електризацією полімерних поверхонь (ковролінів, лінолеумів, шпалер тощо). Остання залежить від знаку поверхневого заряду. Отримані дані щодо впливу спліт-системи на аероіонний режим приміщень, відмінні від відомих. Тому зроблено висновок про необхідність ретельних досліджень впливу систем вентиляції, охолодження та кондиціонування повітря, що дозволить визначити перелік та вміст заходів з нормалізації та підтримання на нормативному рівні концентрації аероіонів обох полярностей. Зроблено висновок про доцільність розроблення і випробування ультразвукового іонізатора повітря з регульованою генерацією як з кількістю, та і за коефіцієнтом полярності аероіонів. Це дозволить не тільки нормалізувати концентрації аероіонів, а і нейтралізувати поверхневі електростатичні заряди обох знаків.

Ключові слова: іонізація повітря, аероіон, ультразвук, електризація, полярність.

Вступ

Нормативні параметри повітряного середовища виробничих приміщень є важливим чинником збереження здоров'я і працездатності працюючих. Особливо це стосується об'єктів критичної інфраструктури, персонал яких виконує відповідальні функції, що потребує належних умов праці. На таких об'єктах – щитах керування електростанцій, авіадиспетчерських тощо у повітрі відсутні специфічні фактори середовища, та як певні хімічні речовини, підвищена залежність і т. ін., але можливі деіонізація повітря, низька відносна вологість, наявність дрібнодисперсного пилу і електризація полімерних поверхонь. На сьогоднішній день навіть сучасні системи клімат-контролю не забезпечують нормативні значення й підтримання на нормативному рівні наведених чинників виробничого середовища, що також важливо для переважної більшості офісних та навчальних приміщень і потребує проведення досліджень і відповідних розробок у цьому напрямі.

Огляд останніх публікацій і досліджень. Нормалізації параметрів повітряного середовища та їх оптимізації приділяється багато уваги [1]. Але такий фактор, як аероіонізація повітря зазвичай розглядається окремо і визначає закономірності поширення аероіонів у приміщеннях зі штучною іонізацією [2]. Не дивлячись на відомий фактор залежності аероіонного складу повітря від накопичення поверхневих електричних зарядів на поверхнях, але такі дослідження мають фрагментарний характер [3, 4].

Як переконливо показано у [5], низька відносна вологість та деіонізованість повітря у приміщеннях керування повітряним рухом аеропортів пов'язані з

значною експлуатацією полімерних поверхонь. Заміна полімерних оздоблювальних матеріалів на натуральні нереальна, тому доцільний пошук шляхів нормалізації цих взаємопов'язаних факторів. Одним з них є підвищення іонізація повітря, яка нормалізує поверхневі заряди. Але потужні іонізатори генерують озон та оксиди азоту під час коронних розрядів [6].

У [7, 8] доведено ефективність застосування ультразвукового методу отримання аероіонів, який не дає побічних ефектів генерації шкідливих речовин. Але виникає проблема неконтрольованості ультразвукової генерації іонів як за кількістю, так і за полярністю, тобто концентрацій аероіонів обох знаків. Це потребує розроблення методологічних засад та дослідження ефективності методів нормалізації параметрів повітряного середовища виробничих приміщень.

Мета статті є розроблення засад нормалізації параметрів повітря виробничих приміщень – аероіонізації, відносної вологості, дрібнодисперсного пилу в умовах їх взаємної залежності.

Виклад основного матеріалу

Як показано у [9], на концентрації аероіонів певним чином впливають стандартні зволожувачі повітря. Тому на першому етапі для експериментального визначення динаміки концентрацій аероіонів у якості джерела був застосований ультразвуковий зволожувач повітря Saturn ST-AH2107 потужністю 25 Вт з витратою води 0,28 кг/год. Концентрації аероіонів обох знаків контролювалися за допомогою лічильника аероіонів Сапфір ЗК. Відносна вологість повітря вимірювалася каліброваним гігрометром CX601D. Температура під час вимірювань 23,5–24,0 °С. Вимірювання виконувалися у приміщенні об'ємом ~ 60 м³.

Температура повітря стабілізувалася за допомогою спліт-системи упродовж двох годин.

Після вимірювання фонових значень відносної вологості і концентрацій аероіонів обох знаків вмикався зволожувач повітря і контрольні вимірювання здійснювалися кожні 0,5 год. Вимірювальні прилади розташовувалися на відстані 1 м від зволожувача повітря на висоті 0,5 м від підлоги.

Для попереднього визначення впливу ультразвукового зволожувача повітря за температури повітря 25 °С та відносної вологості 41 %, було виміряне концентрації аероіонів обох полярностей. Вони склали $n^- = 280 \text{ см}^{-3}$, $n^+ = 110 \text{ см}^{-3}$. Вимірювання здійснювалися у ясну погоду опівдні, у провітрюваному приміщенні. Після цього приміщення зачинялося, вмикався зволожувач повітря і працював упродовж 1 год. У результаті відносна вологість підвищилася до 44 %, $n^- = 510 \text{ см}^{-3}$, $n^+ = 550 \text{ см}^{-3}$. Тобто очевидно, що крім зволожуючого ефекту, ультразвуковий зволожувач впливає на аероіонізацію повітря. Тому доцільно дослідити динаміку відносної вологості, температури та концентрацій аероіонів у процесі роботи зволожувача. Результати наведено у табл. 1 ($T=0$ відповідає показникам до вмикання зволожувача).

Таблиця 1 – Зміна вологості та аероіонізації повітря під впливом ультразвукового зволожувача*

Т, год	t, °С	φ, %	n, см ⁻³	
			n ⁻	n ⁺
0	24,0	38	230	260
0,5	23,5	39	470	410
1,0	23,0	44	700	520
1,5	23,0	44	520	370
2,0	22,5	45	560	410

Аналізуючи табл. 1 виникає декілька питань. По-перше, фонові значення концентрацій аероіонів обох полярностей відрізняються від наведених вище попередніх вимірювань (вимірювання виконувалися в одному приміщенні). Наявність переважної більшості негативних іонів у таблиці на початку експерименту можна пояснити тим, що вимірювання здійснювалися о десятій годині ранку у закритому приміщенні. Відомо, що Земля має від'ємний заряд, тому за відсутності спрямованих рухів повітря у приземному шарі спостерігається підвищена концентрація позитивних іонів внаслідок їх дрейфу до поверхні землі. Попереднє дослідження виконувалося опівдні з перемішуванням повітря, що обумовило іншу переважну полярність. Але у цьому випадку концентрація позитивних іонів дуже мала (~ 110 см⁻³). Це можна пояснити впливом на іонізацію електризованих поверхонь, упродовж яких рухається повітря. Це певним чином пов'язане з другим питанням щодо таблиці 1. За годину після вмикання зволожувача концентрації аероіонів обох знаків досягали максимуму, після чого вони суттєво, за межами похибки вимірювань, знижувалися. Далі знову спостерігалася підвищення концентрацій.

Причиною падіння концентрації, причому переважно однієї полярності, може бути нейтралізація іонами поверхневих зарядів на полімерних поверхнях (у даному випадку – ковrolін). Відомо, що за

рахунок трибоелектричного ефекту напруженості електричного поля поверхневих зарядів на ковrolіні, лінолеумі, тощо можуть досягати 10-15 кВ/м.

На наступному етапі досліджувався вплив зволожувача на аероіонний склад повітря у приміщенні із працюючою системою (вимірювання починалися о сьомій годині ранку, приміщення зачинене (табл. 2)).

Таблиця 2 – Вплив зволожувача повітря на концентрації аероіонів

Т, год	t, °С	φ, %	n, см ⁻³	
			n ⁻	n ⁺
0	24,0	40	310	490
1	23,5	44	810	710
2	23,0	52	1700	960
3	22,5	52	1540	1150

Як видно з табл. 2, вихідна концентрація аероіонів відповідає співвідношенню полярностей для відсутності вертикального руху повітря, але з часом підвищення відносної вологості повітря супроводжується збільшення концентрації аероіонів обох полярностей, але негативні іони превалюють. Причиною може бути або нейтралізація частини позитивних іонів негативними поверхневими зарядами, аерозолями тощо, або переважна деіонізація повітря спліт-системою, що раніше спостерігалася [10]. Було перевірено вплив працюючої системи охолодження повітря на його аероіонізацію (табл. 3).

Таблиця 3 – Вплив працюючої спліт-системи на аероіонізацію повітря

Т, год	t, °С	φ, %	n, см ⁻³	
			n ⁻	n ⁺
0	26,0	53	180	430
1	23,0	45	150	830
2	22,5	45	280	550
3	22,5	46	140	450

Отримані дані не дають однозначної відповіді щодо впливу спліт-системи на концентрації аероіонів. Принаймні досліджений пристрій створює тенденцію зниження концентрацій негативних аероіонів. Певний вплив на процес має й зміна відносної вологості зі зниженням температури. У будь-якому випадку потребують подальших ретельних досліджень декілька аспектів:

- вплив системи підтримання температурного режиму на концентрації аероіонів;
- вплив електризованих полімерних поверхонь на концентрації аероіонів;
- визначення засобів переважної генерації іонів визначеної полярності для регулювання нормативних рівнів аероіонізації.

Останнє обумовлене тим, що згідно [11] мінімально допустимі концентрації аероіонів складають: $n^- = 600 \text{ см}^{-3}$, $n^+ = 400 \text{ см}^{-3}$. Відповідні пропорції зберігаються і для більших концентрацій. Враховуючи наявність не тільки джерел іонізації, а й чинників деіонізації – аерозолі, дрібнодисперсний пил, електризація поверхонь і робота систем вентиляції та кондиціонування повітря різних конструкцій, застосування при-

строїв штучної іонізації повітря з незмінною продуктивністю недоцільне. Це стосується як кількості аероіонів взагалі, так і співвідношення генерації іонів кожної полярності. Традиційні біполярні розрядні іонізатори мають неприйнятні побічні ефекти – генерацію шкідливих речовин, кількість яких за потреби генерації великої кількості іонів стає ненормативною. Тому доцільно розглянути можливість розроблення ультразвукового іонізатора повітря з регульованим коефіцієнтом полярності генерованих аероіонів.

Висновки

1. Для нормалізації (принаймні корекції) аероіонного режиму приміщення можливо застосувати стандартний ультразвуковий зволожувач повітря. Його перевагою є відсутність генерації супутніх шкідливих речовин.

2. Показано, що за зміни відносної вологості повітря з 8 до 45 % концентрація негативних іонів зростає від 470 до 560 см⁻³, позитивних – від 260 до 410 см⁻³.

3. Доведено, що процес іонізації повітря у процесі його ультразвукового зволоження неоднорічний. Можливим механізмом нерівномірної і непередбачуваної іонізації повітря є поглинання частини аероіонів однієї полярності полімерними наелектризованими поверхнями. Непередбачуваним є вплив конструкцій систем вентиляції і охолодження повітря на аероіонний режим приміщень.

4. Зроблено висновок, що для забезпечення нормативних концентрацій аероіонів обох знаків доцільно розробити і випробувати ультразвуковий іонізатор повітря з регульованою генерацією іонів обох знаків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рябов Ю. Г., Гуров И. Б. Способ оценки электромагнитной безопасности. Патент на изобретение № 2398246 от Сукач С. В. Визначення параметрів оптимальної комфортності у робочій зоні приміщення за показниками повітряного середовища / О. І. Запорожець, С. В. Сукач, О. Г. Галаган, Т. Ф. Козловська // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2017. – Вип. 1/2017 (102). – С. 17–21.
2. Толкунов І. О., Пономар В. В. Деякі аспекти забезпечення нормативного аероіонного режиму робочого середовища приміщень спеціального призначення МНС України. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. Х: УЦЗУ, 2008. №8. С.198-206.
3. Сукач С. В. Дослідження температурно-вологісного режиму приміщення під час роботи вентиляційного комплексу. *Системи обробки інформації*. Х : ХУПС, 2016. Вип. 9 (146). С. 197-202.
4. Сукач С. В., Козловская Т. Ф. Оценка комплексного влияния электромагнитных полей и аэроионного состава воздуха производственных помещений на физиологические процессы в организме человека. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кременчук : КрНУ, 2016. Вип. 4/2016 (99). С. 75-79.
5. Глива В. А., Ніколаєв К. Д., Тимошенко О. П. Дослідження рівнів фізичних факторів у приміщеннях диспетчерських служб аеропортів цивільної авіації. *Системи управління, навігації та зв'язку*. Полтава, 2019. Вип. 1(53). С. 32–35.
6. Сукач С. В. Методологічні засади підвищення якості контролю аероіонного складу повітря виробничого середовища / С. В. Сукач, О. В. Сидоров // Проблеми охорони праці в Україні. – Вип. 32. – К. : ННДПБОП, 2016. – С. 127–133.
7. Циганкова С. Г. Обґрунтування параметрів нормалізації аероіонного режиму в приміщеннях при штучній іонізації повітря: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.26.01 "Охорона праці". Дніпро, 2017. 21 с.
8. Ченчевой В.В., Сукач С.В., Ченчева О.О., Григор'єва Д.С. Дослідження параметрів гідроаероіонного складу повітря робочого приміщення з ультразвуковою іонізацією. ВІСТІ Донецького гірничого інституту № 2 (47), 2020 р., с. 168-173.
9. Tereshchenko Yu. Examining the effect of annular injection on the parameters of the axial compressors stage [Text] / Yu. M.Tereshchenko, E.Doroshenko, I.Lastivka, Yu. Yu.Tereshchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. №5/7(89). – С. 53-58. doi: 10.15587/1729-4061.2017.109556
10. Сидоров О. В. Дослідження впливу чинників деіонізації на зміни концентрацій легких аероіонів у приміщеннях / О. В. Сидоров // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2012. № 6. – С. 163-167.
11. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM–2015, acting from 263 in May 2015, Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN, Germany, 5 p. – Mode of access: www.baubiologie.de/site/wp-content/uploads/standard2015-englisch.pdf

Received (Надійшла) 22.09.2021

Accepted for publication (Прийнята до друку) 27.10.2021

Innovative approaches to normalizing the air quality of the production environment

N. Kasatkina, O. Panova, K. Nikolaiev

Abstract. There are considered possibilities for normalizing the air conditions in a room without using air corona ionizers with by-generation of ozone and nitrogen oxides. Experiment results for determining the aeroion concentration dynamics of both polarities are given. It is shown that during the operation of a standard ultrasonic air humidifier with a change in relative humidity from 38 to 45%, the ion concentrations change as follows: n⁻ from 230 to 560, n⁺ - from 260 to 410, which can be considered satisfactory. But during the operation of the air conditioner, depending on the time of day, the proportions of the aeroion polarities are different. This is due to both the positive ionization of the air surface layer at night and in the morning and the partially unpredictable electrification of polymer surfaces (carpets, linoleums, wallpapers, etc.). The latter depends on the surface charge sign. The obtained data on the effect of the split system on the aeronic mode of the premises, differing from the known ones. Therefore, it was concluded that careful studies of the effects of ventilation, cooling, and air conditioning systems are necessary, which will determine the list and content of measures to normalize and maintain the concentrations of aeroions of both polarities at the normative level. It is concluded that it is advisable to develop and test an ultrasonic air ionizer with controlled generation both with quantity and polarity coefficient of aeroions. This will not only normalize the concentrations of aeroions but also neutralize the surface electrostatic charges of both signs.

Keywords: air ionization, aeroion, ultrasound, electrification, polarity.