

В. А. Глива¹, Н. Б. Бурдейна¹, С. В. Зозуля²

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

² Національний авіаційний університет, Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ АЕРОІОННОГО СКЛАДУ ПОВІТРЯ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ КОРИСТУВАЧА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМП'ЮТЕРА З УРАХУВАННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЧИННИКІВ

Анотація. Досліджено динаміку аероіонного складу повітря на робочих місцях користувачів укомплектованих переносним персональним комп'ютером. Встановлено, що за відсутності деіонізуючих та факторів (робота систем вентиляції та охолодження повітря, підвищення концентрації дрібнодисперсного пилу та аерозолей тощо) відбувається значна деіонізація повітря. Причиною є поява електростатичних зарядів на корпусі і клавіатурі ноутбука, поверхні столу та робочому кріслі. В умовах проведення експериментів напруженості електростатичних полів на дисплеї досягали 4,5 кВ/м, клавіатурі – 9,0 кВ/м, поверхні робочого крісла оператора – 6,5 кВ/м. Це спричинило зниження концентрації негативних аероіонів з 910 см⁻³ до 420 см⁻³; позитивних – з 1000 см⁻³ до 390 см⁻³ у присутності користувача, який виконував стандартну роботу. Визначено, що на відстані 0,5–0,6 м від ноутбука концентрації аероіонів стабілізуються на нормативному рівні. Тобто, зоною деіонізації можна вважати простір радіусом до 0,6 м. Нормалізація концентрацій аероіонів можлива за рахунок спрямованого руху повітря у приміщенні з нормативною швидкістю (до 0,4 м/с). Але при цьому, не дивлячись на малі швидкості, можливий дрейф аероіонів у магнітному полі, що може проявлятися під час довготривалої роботи. Доцільно розглянути можливість застосування антистатиків для максимально можливого зниження статичних зарядів на полімерних поверхнях.

Ключові слова: персональний комп'ютер, аероіони, електростатичне поле, іонізація, деіонізація.

Вступ

Якість повітря виробничого середовища є важливим фактором забезпечення високої працездатності користувача, особливо під час виконання відповідальних робіт з керування технологічними процесами, зокрема на головних пультах електростанцій, повітряним і залізничним рухом тощо. Тому, необхідно забезпечити належний аероіонний склад повітря, мінімально досяжні концентрації пилу. Відомо, що засоби обчислювальної техніки, системи вентиляції і охолодження повітря можуть деіонізувати його до ненормативних рівнів. Це потребує досліджень щодо відокремлення несуттєвих чинників впливу на аероіонний режим приміщень, виявлення чинників іонізації повітря та розроблення адекватних заходів, засобів нормалізації концентрації аероіонів обох полярностей та підтримання їх на нормативному рівні впродовж робочого часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Концентрації аероіонів обох полярностей регламентуються міжнародним нормативом [1] та національним [2]. Перший вимагає, щоб концентрації обох полярностей не були нижчими за 500 см⁻³, другий – негативні 600 см⁻³, позитивні – 400 см⁻³. З огляду на фактичні значення іонізації, ці відмінності не є суттєвими.

Дослідженню змін концентрацій аероіонів присвячено багато робіт. Так, у [3, 4] визначається можливість нормалізації концентрацій аероіонів з використанням ультразвукового іонізатора без з'ясування причин недостатності іонізації. Роботи [5,6] стосуються змін концентрацій аероіонів у системах вентиляції та впливу деіонізації на стан здоров'я працюючих. Втім, на концентрації іонів впливають як мікрокліматичні показники, та і інші фізичні чинники. У роботі [7] показано, зміни іонізації повітря у залежності від температури та відносної вологості за умови

їх перебування у нормативних межах. У дослідженні [8] докладно проаналізовано застосування штучної іонізації повітря в умовах її складної динаміки. Детально проаналізовано джерела іонізації та деіонізації у приміщеннях офісного типу [9]. Показано, що значний вплив на іонізацію складають електростатичні поля. При цьому, ступені деіонізації різні для різного обладнання та оздоблювальних матеріалів. Це обумовлює доцільність дослідження динаміки аероіонного складу повітря на робочих місцях користувачів переносних комп'ютерів за різних значень інших фізичних чинників.

Мета статті – дослідити зміни концентрацій аероіонів на робочих місцях користувачів персональних комп'ютерів в умовах впливу електростатичних та електромагнітних полів.

Виклад основного матеріалу

Вимірювання виконувалися у приміщенні 8х9х3,5 м, розташованому на четвертому поверсі. Приміщення не обладнане системою примусової вентиляції та кондиціювання повітря. Вікна були зачинені. Вимірювання проводилися за відсутності персоналу (крім оператора комп'ютера, який реєстрував покази приладів). Досліджувався переносний комп'ютер з діагоналлю екрана 17 дюймів. Вимірювання концентрації аероіонів виконувалися лічильником «Сапфір-3К». Вимірювання здійснювалися у зоні перебування оператора, для цього лічильник розташовувався на висоті 0,2 м над поверхнею робочого столу. Враховуючи велику похибку лічильника (до 40 %), оброблення результатів вимірювань серій по 24 вимірювання у кожній, здійснювалися за спеціальною методикою [10]. Вимірювання напруженості електростатичного поля здійснювалося вимірювачем ІЕЗ-П згідно інструкції з експлуатації. Радіаційний фон контролювався приладом СРП-88Н і складав

12 мкР/год. Відносна вологість повітря та температура контролювалися універсальним пристроєм Сх-601Д. Відносна вологість під час експериментів складала 50–52 %, температура 21–23 °С, що відповідає нормативним для експлуатації комп'ютерної техніки.

Вимірювання виконувалися протягом двох днів. Спочатку протягом 30 хв проводилися вимірювання концентрацій аероіонів на робочому місці за відсутності оператора та вимкненому комп'ютері. Далі ноутбук вмикали з постійним використанням задачі у постійному режимі. Спостереження за показами лічильника аероіонів здійснювалися дистанційно (3 м). Наступні вимірювання проводилися за присутності користувача, який виконував звичайну роботу.

Паралельно з вимірюванням концентрацій аероіонів виконувалося вимірювання напруженості електростатичного поля на робочому столі, стільці, корпусі комп'ютера (табл. 1).

Звертаємо увагу, що напруженості електростатичного поля на кріслі змінюються дуже сильно, що може бути обумовлене різними матеріалами одягу операторів. Результати вимірювань концентрацій аероіонів на кожному етапі експериментів наведено у

табл. 2. Було виміряно зміну концентрацій аероіонів з відстанню від робочого місця (рис. 1).

У результаті проведення серії вимірювань у даних умовах встановлена стійка тенденція деіонізації повітря на робочому місці оператора у радіусі 0,5–0,6 м. Для оцінки однорідності отриманих концентрацій на кожному етапі експерименту був розрахований коефіцієнт варіації, який не перевищував 20 % і лише при роботі оператора за комп'ютером цей коефіцієнт складав 28 % для негативних і 21 % для позитивних аероіонів.

Таблиця 1 – Вимірювання напруженості електростатичних полів

Джерело	Напруженість, кВ/м	Знак заряду
Робочий стіл без комп'ютера	0	
Дисплей комп'ютера	4,0–4,5	+
Клавіатура	4,5–9,0	-
Спинка крісла за присутності оператора	2,0–4,0	-
Сидіння крісла	6,0–6,5	-
Лазерний принтер	4,2–4,3	-

Таблиця 2 – Вимірювання концентрацій аероіонів на робочому місці користувача

Місце вимірювань	Концентрація аероіонів (різниця з фоновою концентрацією), см ⁻³		Показник полярності, П
	n ⁻	n ⁺	
Обладнання у приміщенні вимкнене. Результати знімалися дистанційно, на робочому столі лише лічильник аероіонів	910	1000	0,05
На відстані 3 м від робочого місця працює комп'ютер і принтер	770 (-140)	890 (-110)	0,07
На відстані 3 м від робочого місця працює комп'ютер. На робочому столі працює комп'ютер	520 (-250)	800 (-90)	0,2
На відстані 3 м від робочого місця працює комп'ютер. На робочому місці оператор працює за ноутбуком	420 (-100)	390 (-410)	-0,04

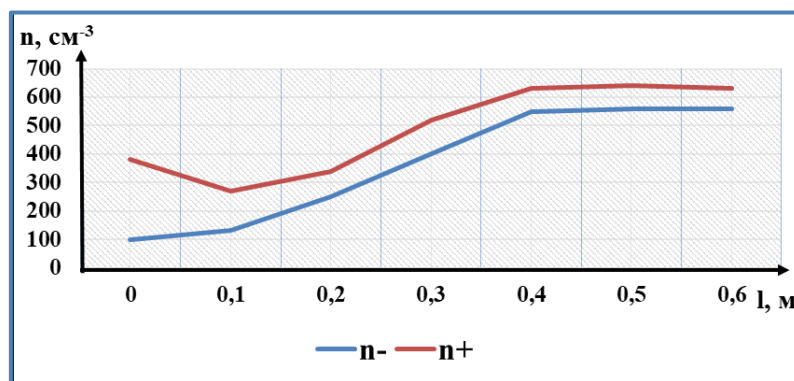


Рис. 1. Зміна концентрацій аероіонів з відстанню від комп'ютера

Фонові концентрації аероіонів обох полярностей в тестовому приміщенні значно вищі за мінімально допустимі і мали коефіцієнт полярності притаманний природному повітрю. Але рівні електростатичних полів значно перевищували гранично допустимий (500 В/м).

При цьому навіть комп'ютер, на якому реєстрували результати вимірювань (2,5–3,0 м від робочого місця) впливав на аероіонний режим приміщення. Увімкнений ноутбук спричинив подальше зниження

концентрацій аероіонів внаслідок наявності електростатичного поля. Коефіцієнт варіації концентрацій аероіонів на усіх етапах вимірювань не перевищував 20 %, що свідчить про мінімальний вплив сторонніх чинників за винятком електростатичного поля. Під час роботи оператора, швидше за все за рахунок трибоелектричного ефекту вплив електростатичних полів на концентрації аероіонів підсилювався. При цьому на відстані 0,5–0,6 м концентрації набували фонових значень (принаймні нормативних). Тобто

можна зробити висновок, що потребує корекції якості повітря саме у обмеженій зоні біля робочого місця.

Одним зі способів нормалізації концентрацій аероіонів на робочих місцях може бути зниження градієнтів концентрації спрямованим рухом повітря нормативної швидкості (до 0,4 м/с). Але усі електронні пристрої живляться постійним електричним струмом і генерують відповідні магнітні поля. Не дивлячись на їх малу напруженість, за довготривалої роботи можливий дрейф аероіонів під впливом полів, що потребує подальших досліджень.

Висновки

1. За відсутності впливу деіонізуючих факторів (системи охолодження повітря, наявність дрібно-дисперсного пилу, аерозолей тощо) концентрації аероіонів в приміщенні стабільні і перевищують мінімально допустимі значення. Тому достатньо мінімізувати деіонізуючий ефект обладнання робочого місця, задіяного у виробничому процесі.

2. Дослідження довели, що електростатичні поля ноутбука полімерних поверхонь критично впливають на концентрації аероіонів. Генерація електростатичних полів є проявом трибоелектричного ефекту. Дієвим засобом зниження цього впливу є антистатична обробка усіх поверхонь, що досягається або спеціальними сумішами, або вологою обробкою.

3. Доцільним є дослідження впливу постійних магнітних полів на дрейф аероіонів, а також розроблення моделей розподілу концентрацій аероіонів у приміщенні з різною кількістю та схемою розташування робочих місць.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM–2015 [acting from July 2008]. Germany: Institut für Baubiologie +Ökologie IBN. 2015. 2 p. URL: <https://buildingbiology.com/site/wp-content/uploads/standard-2015-englisch.pdf>.
2. ДЕРЖАВНІ САНІТАРНІ НОРМИ ТА ПРАВИЛА «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» [Electronic resource] // МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ. 2014. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14#Text>
3. Ченчевой В.В., Сукач С.В., Ченчева О.О., Федорова Н.С., Григор'єва Д.С. Дослідження параметрів гідроаероіонного складу повітря робочого приміщення з ультразвуковою іонізацією. Вісті Донецького гірничого інституту. 2020. Вип. № 2(47). С. 168–174. <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020-2-168-175>
4. Черный К. А. К вопросу о методах оценки и коррекции аэроионного состава воздушной среды на рабочих местах операторов ПЭВМ / К. А. Черный // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Медицинские информационные системы». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – № 9 (110). – С. 70–74.
5. Панова О. В., Тихенко О. М., Ніколаєв К. Д., Ходаковський О. В., Сапельнікова О. Ю. Дослідження захисних властивостей металевих електромагнітних екранів та визначення умов їх максимальної ефективності. Системи управління, навігації та зв'язку. 2019. Вип. 5(57). С. 103–107.
6. Exposure to Air Ions in Indoor Environments: Experimental Study with Healthy Adults / Wallner P., Kundi M., Panny M., Tappler P., Hutter H.-P. // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2015. Vol. 12, Issue 11. P. 14301–14311. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph121114301>
7. Глива В.А. Вплив мікрокліматичних параметрів на аероіонізацію повітря виробничого середовища / Л.О. Левченко, О.В. Панова, О.М. Тихенко // Науково технічний збірник «Містобудування та територіальне планування», - 2018. Вип. № 68, С.108-116.
8. Касаткіна Н.В., Панова О.В., Ніколаєв К.Д. Інноваційні підходи до нормалізації якості повітря виробничого середовища. Збірник наукових праць «Системи управління навігації та зв'язку». Полтава. 2021. Вип. №4 (66) С. 87-89
9. Болібрux, Б. В., Глива, В. А., Касаткіна, Н. В., Левченко, Л. О., Тихенко, О. М., Панова, О. В., Богатов, О. І., Петруньок, Т. Б., Азнаурян, І. О., & Зозуля, С. В. (2022). Моніторинг та управління концентраціями іонів у повітрі приміщень промислового та громадського призначення. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(10(115)), 24–30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253110>
10. Сукач С. В., Сидоров О. В. Методологічні засади підвищення якості контролю аероіонного складу повітря виробничого середовища // Проблеми охорони праці в Україні. 2016. № 32. С. 127–133.

Received (Надійшла) 14.03.2022

Accepted for publication (Прийнята до друку) 25.05.2022

Investigation of the dynamics of air ionic composition of air at the workplace of a personal computer user, taking into account electromagnetic factors

V. Glyva, N. Burdeina. S. Zozulya

Abstract. The dynamics of air ionic composition of air at the workplaces of users equipped with a portable personal computer has been studied. It is established that in the absence of deionizing and factors (operation of ventilation and cooling systems, increasing the concentration of fine dust and aerosols, etc.) there is a significant deionization of air. The reason is the appearance of electrostatic charges on the body and keyboard of the laptop, table surface and work chair. Under the conditions of experiments, the electrostatic field strength on the display reached 4.5 kV/m, the keyboard – 9.0 kV/m, the surface of the operator's chair – 6.5 kV/m. This resulted in a decrease in the concentrations of negative air ions from 910 cm⁻³ to 420 cm⁻³; positive – from 1000 cm⁻³ to 390 cm⁻³ in the presence of a user who performed standard work. It is determined that at a distance of 0.5–0.6 m from the laptop the concentrations of air ions stabilize at the normative level. That is, the deionization zone can be considered a space with a radius of up to 0.6 m. Normalization of air ion concentrations is possible due to the directed movement of air in the room with the standard speed (up to 0.4 m/s). But at the same time, despite the low speeds, the drift of air ions in a magnetic field is possible, which can occur during long-term operation. It is advisable to consider the use of antistatic agents to minimize static charges on polymer surfaces.

Keywords: personal computer, air ions, electrostatic field, ionization, deionization.