

УДК 628.5:613.6(045)

**ВПЛИВ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ ПОЛІВ НА КОНЦЕНТРАЦІЇ ЛЕГКИХ АЕРОІОНІВ НА РОБОЧОМУ МІСЦІ ОПЕРАТОРА ПЕОМ****О.В. Сидоров , д.т.н., доц. В.А. Глива***Національний авіаційний університет*

**Вступ.** Концентрація легких аероіонів у повітрі робочих місць є важливим фактором виробничого середовища і нормується відповідно до ДНАОП 0.03-3.06-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень №2152-80». При невідповідності концентрації даним нормам умови праці відносять до класу 3.1 за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища [1]. В сучасних виробничих процесах широко використовуються комп'ютери, повітря навколо яких, згідно праць вчених [2-10] характеризується наднизькими концентраціями легких аероіонів, які нижчі за мінімально необхідний рівень, встановлений ДНАОП 0.03-3.06-80. Відповідно, завдання нормалізації йонного складу повітря робочих місць є актуальним на сьогодні.

**Постановка завдання.** До вирішення задачі нормалізації концентрацій легких аероіонів можна застосувати два підходи. Перший з них, класичний, викладений у ДНАОП 0.03-3.06-80, передбачає застосування іонізаторів повітря або ж встановлення припливно-витяжної вентиляції. Однак проведення таких заходів не завжди можливе, а іноколи, навіть, не дає позитивних результатів у вирішенні проблеми. Другий підхід полягає в мінімізації впливу факторів деіонізації повітря. Даний підхід не зустрічається в науковій літературі, однак пропонується авторами, оскільки дає можливість нормалізувати концентрації легких аероіонів без витрат на встановлення спеціального обладнання.

У випадку мінімізації впливу деіонізуючих факторів, першочерговим завданням є виокремлення головних чинників деіонізації та встановлення вагомості їх внеску в процес деіонізації. До загальновідомих чинників деіонізації повітря у приміщенні відносять високу концентрацію аерозолів у повітрі, процеси життєдіяльності людини та електростатичні поля. Складність завдання полягає саме у визначенні питомого внеску кожного з них у процес деіонізації повітря.

У вище згаданому ряді робіт [2-10] можна знайти дані про результати вимірювань концентрацій легких аероіонів у приміщеннях з комп'ютерами, які вказують на невідповідність концентрацій легких аероіонів мінімально необхідному рівню, встановленому ДНАОП 0.03-3.06-80. В частині цих робіт в якості причини цієї невідповідності вказується електростатичне поле моніторів персональних електронно-обчислювальних машин (ПЕОМ) [2, 6, 7], при цьому не наводиться чіткої аргументації, що саме цей фактор став причиною цієї невідповідності, а не певні інші фактори. В репті вказаних робіт [3-5, 8-10] лише наводяться дані вимірювань без аналізу чинників, що спричинили деіонізацію повітря.

Дослідження авторів [11, 12] показали, що в певних випадках головним чинником деіонізації може бути зовнішнє повітря (особливо це стосується великих міст), яке через високу концентрацію аерозолів є повністю деіонізова-

ним і при провітрюванні приміщення знижує концентрації легких аероіонів до нульових. При чому, як показали вимірювання, вплив комп'ютерної техніки на деіонізацію повітря в приміщенні менший за вплив припливного деіонізованого вуличного повітря [11, 12]. Тривале перебування людини за комп'ютером також спричиняє зниження концентрацій легких аероіонів [12]. Згідно робіт О.Л. Чижевського [13] причиною цього є надходження аерозолів з повітрям, що видихається людиною. Однак, як показали дослідження авторів [14], причиною є не повітря, що видихається людиною, а скоріше адсорбція легких аероіонів поверхнею тіла та одягом людини. Підставою для цього висновку були результати вимірювань концентрацій легких аероіонів в зоні дихання оператора та біля тіла оператора, в місцях, куди не надходить повітря, що видихав оператор. Ці результати показали відсутність різниці між цими концентраціями. Детальні дослідження впливу користувача комп'ютера на концентрації легких аероіонів, проведені авторами, показали, що різниця між концентраціями при наявності та за відсутності користувача за комп'ютером не відрізнялася суттєво. Зниження концентрацій негативних легких аероіонів в результаті роботи користувача за комп'ютером, в порівнянні з концентраціями, що були до початку його роботи при працюючому ПЕОМ, було несуттєвим (на 60 іонів/куб. см), більш суттєвим було зниження концентрацій позитивних аероіонів (на 100 іонів/куб. см). Водночас були проведені вимірювання концентрацій аероіонів при працюючому ПЕОМ за відсутності оператора та до увімкнення ПЕОМ, які показали, що функціонування ПЕОМ спричинило зниження концентрації позитивних легких аероіонів на 200 іонів/куб. см. З огляду на викладені факти, можна припустити, що саме електростатичне поле спричинило зниження концентрації позитивних легких аероіонів і саме воно відіграло роль у деіонізації повітря при дослідженні впливу користувача комп'ютера на легкі аероіони. Все вище сказане дає підстави стверджувати, що фактор електростатичного поля як фактор деіонізації повітря потребує детального вивчення задля визначення його питомого внеску у деіонізацію повітря при роботі користувача за комп'ютером. Саме таке завдання було поставлено авторами при даному дослідженні.

**Мета та завдання дослідження.** У роботі авторами за мету було поставлено дослідити зміни концентрацій легких аероіонів під впливом електростатичних полів, що виникають при роботі оператора на ПЕОМ. Для досягнення цієї мети поставлені завдання: провести вимірювання концентрацій легких аероіонів на робочому місці оператора ПЕОМ, в його зоні дихання, за умов вимкненого електрообладнання в приміщенні, за умов увімкнених стаціонарного комп'ютера, лазерного принтера та багатофункціонального пристрою (БПФ) та за умов роботи самого оператора на ПЕОМ; провести вимірювання напруженості електростатичних полів потенційних джерел деіонізації (стаціонарний комп'ютер, лазерний принтер, БПФ, ноутбук, стілець оператора); провести вимірювання концентрацій легких аероіонів на різних відстанях від ПЕОМ; проаналізувати результати вимірювань на предмет зв'язку між рівнями електростатичних полів та концентраціями легких аероіонів.

**Проведення досліджень.** Вимірювання проводилися у серпні 2013 року в приміщенні  $8 \times 9 \times 3,5$  м, розташованому на 6-ому поверсі. Приміщення не

було обладнане системами пгучної вентиляції та кондиціонування, в день вимірювань та при вимірюваннях вікна в приміщенні були зачинені, повітря надходило у приміщення в результаті іфільтрації. Вимірювання проводилися за відсутності людей в неробочі дні, в приміщенні були присутній лише оператор ПЕОМ, який і фіксував результати вимірювань. Тип ПЕОМ, що використовувався в експерименті – ноутбук. Вимірювання концентрацій легких аероіонів здійснювались за допомогою лічильнику аероіонів «Сапфір-3к» та проводилися відповідно до керівництва з експлуатації приладу [15] та з врахуванням рекомендацій, що були розроблені авторами, щодо проведення вимірювань з лічильником аероіонів «Сапфір-3к». Вимірювання здійснювались в зоні дихання оператора ЕОМ, для цього лічильник було розміщено на висоті 20 см над поверхнею робочого столу. Вимірювання напруженості електростатичного поля виконували за допомогою вимірювача електростатичних зарядів «ІЕЗ-П» відповідно до паспорту приладу [16]. Результати вимірювань напруженості електростатичного поля реєструвались у В/см та для зручності співставлення з нормативними значеннями переводилися у кВ/м. Одночасно із вимірюванням концентрацій легких аероіонів проводилися вимірювання потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання (0,13 мкЗв/год) за допомогою дозиметра СИНТЕКС-ДБГ-01С, швидкості повітряного потоку (0 м/с) за допомогою термоанемометру ST-8020 та температури (23°C), відносної вологості (52%) і атмосферного тиску (750 мм.рт.ст.) за допомогою багатофункціонального вимірювача параметрів середовища DT-8820. Оскільки умови мікроклімату були наближені до нормативних і не змінювались під час проведення вимірювань, дослідження проводилися із припущенням, що вплив вказаних параметрів на концентрації легких аероіонів був зведений до мінімуму і тому не потребує його врахування.

Вимірювання проводилися протягом двох днів, порядок проведення вимірювань був наступний. Спочатку протягом 30 хвилин проводилися вимірювання концентрацій легких аероіонів на робочому місці оператора ПЕОМ, за відсутності ПЕОМ на столі, усе обладнання в приміщенні були вимкненим. Далі по закінченні 30 хвилин на робочий стіл встановлювався ноутбук з відкритим дисплеєм та клавіатурою і протягом наступних 30 хвилин проводили вимірювання концентрацій при непрацюючому ноутбуку. Далі ноутбук вмикали, задля запобігання переходу ноутбуку у сплячий режим, на ньому вклучали показ фільму у режимі «без звуку» та протягом 30 хвилин вимірювали концентрації легких аероіонів при працюючому ноутбуку. Щоб уникнути впливу на результати вимірювань електростатичних полів, що могли бути створені людиною при встановленні ноутбука на стіл та при його вмиканні, між вимірюваннями робили перерву в 5 хвилин. Спостереження за показами приладу відбувалось на відстані 3 м від робочого стола оператора та реєструвались на стаціонарному комп'ютері з ЕПГ-монітором. Оскільки разом з комп'ютером до мережі було підключено лазерний принтер та БФП, то під час експерименту одночасно з комп'ютером були увімкненими принтер та БФП. Вимірювання проводилися серіями по дві хвилини безперервних вимірювань через кожні дві хвилини. Далі користувач починав працювати за ноутбуком і через півгодини після початку його роботи починали серії 2-хвилинних безперервних вимірювань кожні 10 хвилин. Особливо були проведені вимірювання концентрацій легких аероіонів на різній відстані від ноутбуку та вимірювання концентрацій

легких аероіонів на відстані 30 см від стільця, на якому сидів оператор. Спостереження за показами приладу виконував сам оператор. Паралельно на кожному проміжку вимірювань проводили вимірювання напруженості електростатичного поля, фіксуючи при цьому відстань від поверхні об'єкта до фронтальної поверхні вимірювача.

**Результати досліджень.** Одночасно з вимірюваннями концентрацій легких аероіонів проводилося вимірювання напруженості електростатичного поля (E) на робочому місці оператора та пристроїв, що знаходились поряд і могли вплинути на концентрації легких аероіонів. Результати вимірювань наведені в таблиці 1. Слід зазначити, що напруженість електростатичного поля на стільці була різною в різних точках стільця: на сидінні – від 4 до 16 кВ/м, на спинці – від 2 до 4 кВ/м. Розташовані поруч монітор, лазерний принтер та БФП, разом створювали сильне електростатичне поле. Внеском принтеру в це поле можна було знехтувати через малі значення напруженості поля та його віддаленим розміщенням від робочого столу оператора в порівнянні з монітором та БФП. Найбільший внесок у формування електростатичного поля вносив БФП, в результаті напруженість електростатичного поля на відстані 2 м від робочого столу оператора зі сторони комп'ютера та БФП становила 4 кВ/м (знак заряду +).

Таблиця 1

Результати вимірювань напруженості електростатичного поля

Об'єкт	Напруженість електростатичного поля (E), кВ/м (відстань від об'єкту, см)	Знак заряду
Робочий стіл (без ноутбука)	0 (1)	
Дисплей ноутбука	4 (1)	+
Клавіатура ноутбука	9 (1); 4,7 (2); 4 (3)	–
Спинка стільця (після сидіння на стільці користувача)	2-4 (1)	–
Сидіння стільця (після сидіння на стільці користувача)	≈ 6,5 (1)	–
Лазерний принтер (був під'єднаний до мережі електроживлення, але не використовувався; знаходився поряд з монітором)	4 (1)	–
Монітор комп'ютера (на якому реєстрували спостереження до початку роботи оператора на ПЕОМ)		
Задня стінка монітору	4 (1)	–
Верхня стінка монітору	60 (1); 50 (3); 28 (5); 18 (7); 12 (10); 10 (15); 8 (20); 7,2 (25); 7,2 (30)	+
Багатофункціональний пристрій (БФП), (був під'єднаний до мережі електроживлення, але не використовувався; знаходився поряд з монітором, але ближче до робочого столу, ніж сам монітор)		
Верхня кришка	9,2 (1); 9,2 (3); 12(5); 16,8 (7); 14 (10); 13,6 (15); 11,2 (20); 11,2 (25); 10 (30)	+
Бокова стінка (та, що ближча до робочого столу оператора)	8,8 (1); 10,4 (3); 10,8 (5); 9,2 (7); 8,4 (10); 6,4 (15); 4,4 (20); 4 (25); 4 (30)	+

Результати вимірювань концентрацій легких аероіонів на кожному етапі експерименту разом із характеристиками визначальних електростатичних полів приведені у таблиці 2.

Таблица 2

Результати вимірювань концентрацій легких аероіонів  
на робочому місці оператора ПЕОМ

Характеристика місця та обставин проведення вимірювань	Концентрація легких аероіонів (різниця із попередньою концентрацією), іон/куб. см		Показник полярності, П	Коротка характеристика електростатичних полів
	негативні	позитивні		
Усі прилади в приміщенні вимкнені, результати вимірювання реєструвалися в паперовому журналі, на робочому столі встановлений лише лічильник аероіонів	912	1001	0,05	Е полів у приміщенні = 0
На відстані 3 м від робочого місця працює комп'ютер (разом з принтером та БФП) для реєстрації спостережень, на робочому столі встановлений лише лічильник аероіонів	773 (-139)	892 (-109)	0,07	На відстані 2,5-3 м від робочого столу – сильне електростатичне поле монітору та БФП (знак заряду +)
На відстані 3 м від робочого місця працює комп'ютер (разом з принтером та БФП) для реєстрації спостережень, на робочому столі встановлені ноутбук та лічильник аероіонів	526 (-247)	801 (-91)	0,2	До ЕСП монітору та БФП додається дія ЕСП дисплею та клавіатури ноутбуку (особливо дисплею, оскільки він ближче до лічильника аероіонів)
На відстані 3 м від робочого місця працює комп'ютер (разом з принтером та БФП), оператор працює за ноутбуком	420 (-106)	393 (-408)	-0,04	До вказаних вище ЕСП додається ЕСП, що створюється на стільці оператора (знак заряду –)

В результаті окремо проведених вимірювань на відстані 30 см від стільця отримали наступні концентрації легких аероіонів (негативні – 437 іонів/куб. см, позитивні – 289 іонів/куб. см). Результати вимірювань концентрацій легких аероіонів на різних відстані від ноутбука показали їх пряму залежність, що видно з рис. 1.

Для оцінки однорідності отриманих концентрацій на кожному етапі експерименту був розрахований коефіцієнт варіації, який не перевищував 20%, і

лише при роботі користувача за ноутбуком цей коефіцієнт становив 28% для негативних та 21% для позитивних аероіонів.

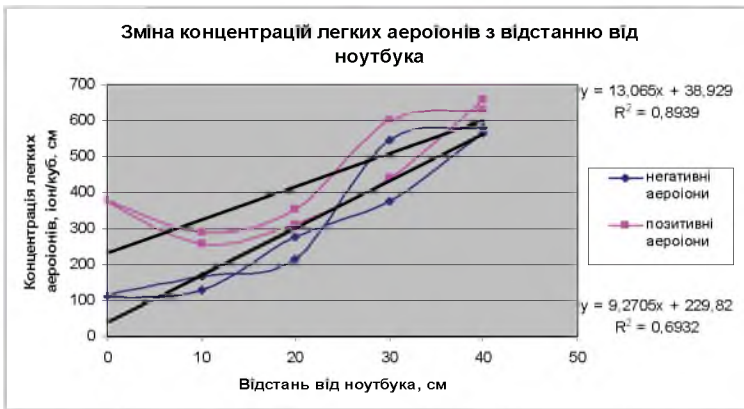


Рис. 1. Зміна концентрацій легких аероіонів з відстанню від ноутбука

**Обговорення результатів.** Фонові концентрації легких аероіонів у приміщенні, отримані за вимкненого електричного обладнання, значно перевищували мінімально необхідний рівень, встановлений ДНАОП 0.03-3.06-80, і мали показник полярності, характерний для природніх концентрацій легких аероіонів, однак при цьому ці концентрації були нижчі за оптимальний рівень, встановлений санітарними нормами.

При вимірюваннях напруженості електростатичного поля не було зафіксовано перевищення допустимого рівня, визначеного ГОСТом 12.1.045-84 «Електростатичні поля. Допустимі рівні на робочих місцях та вимоги до проведення контролю», окрім верхньої стінки ЕПТ-монітору, але і в цьому випадку вже на відстані 7 см напруженість поля була меншою за допустимий рівень.

При увімкненні обладнання (комп'ютеру з ЕПТ-монітором, лазерного принтеру та БФП), що було розташоване на відстані 2,5-3 м від досліджуваного робочого місця, відбулось зниження концентрацій легких аероіонів, особливо негативних легких аероіонів, що було обумовлено дією електростатичного поля увімкненого обладнання, заряд якого був позитивний. Увімкнений ноутбук спричинив подальше зниження концентрацій, і знову ж таки, в першу чергу, негативних іонів внаслідок впливу електростатичного поля (з позитивним зарядом) дисплею ноутбука, оскільки він знаходився ближче до зони дихання оператора (в якій був розташований лічильник аероіонів), ніж клавіатура ноутбука, електростатичне поле якої також вплинуло на зниження концентрацій позитивних аероіонів. Коефіцієнт варіації концентрацій легких аероіонів на вказаних етапах вимірювань не перевищував 20%, що говорить про відсутність впливу сторонніх факторів, окрім фактору електростатичного поля.

При роботі оператора за ноутбуком було зафіксоване значне зниження концентрації позитивних аероіонів, що, очевидно, було зумовлене електроста-

тичним полем (знак заряду – негативний) на стільці, що виникало в результаті сидіння на ньому оператора. Даний вплив був підтверджений при вимірюваннях біля стільця, що показали теж низьке значення концентрації позитивних аероіонів. Окремо поставлений дослід по вимірюванню концентрацій легких аероіонів на різній відстані від ноутбука показав пряму залежність концентрацій від відстані, про що свідчать високі значення коефіцієнта кореляції –  $r = 0,95$  (для негативних аероіонів) та  $r = 0,83$  (для позитивних аероіонів). Перевірка значимості коефіцієнту кореляції підтвердила його значимість.

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження можна зробити наступні висновки:

1. За відсутності впливу деіонізуючих факторів концентрації легких аероіонів у приміщенні відповідають мінімально необхідному рівню, встановленому ДНАОП 0.03-3.06-80, а отже для нормалізації концентрацій легких аероіонів достатньо лише мінімізувати вплив факторів деіонізації, не застосовуючи при цьому спеціальне аероіонізуюче обладнання.

2. Результати проведених вимірювань показали, що, не зважаючи на перевищення допустимих рівнів напруженості електростатичних полів, електростатичне поле ноутбука та іншого обладнання істотно впливає на концентрації легких аероіонів. Важливим джерелом електростатичного поля є також сидіння оператора на стільці та випадкові ковзання на сидіння стільця, які несвідомо робляться оператором і є характерними для будь-якої сидячої роботи. Підтвердженням зв'язку концентрацій аероіонів з електростатичними полями є факт переважного зниження концентрацій легких аероіонів саме тої полярності, що протилежна заряду поля, що діяло на легкі аероіони в кожному конкретному випадку.

3. З огляду на все вище сказане, актуальними завданнями для подальших досліджень є розробка заходів по мінімізації впливу електростатичних полів на легкі аероіони та розробка математичного апарату, який дозволить обґрунтовано пов'язати зниження концентрацій легких аероіонів із напруженістю та знаком заряду електростатичного поля і прогнозувати концентрації легких аероіонів за відомих значень напруженості електростатичного поля.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. ГН 3.3.5-8-6.6.1 2002 р. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. Затверджено Наказом МОЗ України № 528 від 27.12.2001 р. – Електронний ресурс: [http://zakon.nau.ua/doc/?doc\\_id=257817](http://zakon.nau.ua/doc/?doc_id=257817)
2. Gustavs K. Options to minimize non-ionizing electromagnetic radiation exposures (EMF/RF/Static Fields) in office environments. Final paper of Environmental & Occupational Health Certificate Program / K. Gustavs. – University of Victoria. 2008 – 158 p.
3. Черный К.А. К вопросу о методах оценки и коррекции аэроионного состава воздушной среды на рабочих местах операторов ПЭВМ [Текст] / К.А. Черный // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск

- 
- «Медицинские информационные системы». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. – № 9 (110). – С. 70 – 74.
4. Илохин Н.Е. Гигиеническая оценка условий труда и изучение факторов риска оперативного персонала сетевых компаний электроэнергетики: диссертация на соискание степени канд. мед. наук. – Казань, 2010. – 136 с.
  5. Терещенко П.С. Гігієнічна оцінка фізичних факторів в сучасних офісних приміщеннях / П.С. Терещенко // Гігієна населених місьць. – 2011. – №57. – С. 216 – 219.
  6. Маврин С.А. Ионизированный воздух как вредный–полезный производственный фактор / С.А. Маврин, А.А. Нескородов // Здоровье населения и среда обитания. – 2003. – №7. – С. 22 – 25.
  7. Изучение влияния аэроионификации на функциональное состояние и здоровье работающих / А.С. Гуськов, Ф.И. Ингель, А.Г. Мальшева и др. // Экология жилых помещений города Москвы. Сборник трудов постоянно действующего научно-практического городского семинара. – М.: МГУИЭ, 2005. – Вып. 2. – С. 96 – 104.
  8. Персональный компьютер – физические факторы, воздействие на пользователя / Ю.Г. Григорьев, М.В. Жильцов, О.А. Григорьев, В.С. Степанов, А.В. Меркулов // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2001. – № 4. – С. 35 – 39.
  9. Фізіолого-гігієнічна оцінка умов праці телефоністів сучасного цифрового зв'язку / В.І. Назаренко, О.В. Чабанова, В.Г. Мартиросова та ін. // Укр. журнал з проблем медицини праці. – 2007. – №3. – С. 49 – 55.
  10. Проблема аэроионификации при создании рационального микроклимата в помещениях с персональными компьютерами / Н.И. Бабич, В.Г. Панов, С.Г. Антошук, Л.Ф. Бурдыка // Электромашинобудування та електрообладнання. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 74. – С. 41 – 47.
  11. Сидоров О.В. Вплив зовнішнього повітря на концентрацію легких аероіонів у повітрі приміщень / О.В. Сидоров // Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Спеціальний випуск до VII науково-практичної конференції «Сучасні проблеми збалансованого природокористування». – листопад, 2012 рік – С. 82 – 85.
  12. 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.
  13. Чижевский А.Л. Аэроионификация в народном хозяйстве / А.Л. Чижевский. – 2-е изд., сокр. – М.: Стройиздат, 1989. – 488 с.
  14. Сидоров О.В. Вплив оператору ЕОМ на іонний склад повітря / О.В. Сидоров // Авіа-2013. Матеріали XI міжнародної науково-технічної конференції „АВІА-2013”. – Т.5. –К.: НАУ, 2013. – С. 32.65 – 32.68.
  15. Счётчик аэроионов «Сапфир-3к». Государственный реестр № 18295-99. Руководство по эксплуатации. Бд2.899.000 РЭ. – 29 с.
  16. Измеритель электростатических зарядов переносной ИЭЗ-П. Паспорт. ЗМЧ.844.002 ПС. – 26 с.
-