



**Глива В. А., д.т.н., професор, Ніколаєв К. Д., к.с.-г.н., доцент,
Халмурадов Б. Д., к.мед.н., професор, Геращенко Л. В., ст. викладач**
(Національний авіаційний університет, м. Київ)

ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОІОННОГО РЕЖИМУ НАВЧАЛЬНИХ ПРИМІЩЕНЬ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ЙОГО НОРМАЛІЗАЦІЇ

У статті обґрунтовано необхідність пошуку нових підходів до нормалізації аероіонного складу повітря у навчальних приміщеннях. Сформульовано мету та задачі дослідження, а саме визначення основних напрямів працезохоронних заходів з нормалізації аероіонного складу повітря у навчальних приміщеннях загального призначення на основі натурних вимірювань концентрацій аероіонів. Розглянуто часову зміну концентрацій аероіонів обох полярностей фактичного стану повітря та його динаміки упродовж робочого дня. Після аналізу отриманих результатів вимірювань визначено необхідність проведення комплексу експериментальних досліджень для отримання кількісних даних, щодо чинників іонізації та деіонізації повітря як у окремих приміщеннях, так і у будівлях в цілому. *Ключові слова.* аероіон, концентрація аероіонів, іонізація та деіонізація, навчальні приміщення.

Не дивлячись на значну увагу, що приділяється якості повітря виробничих приміщень, зокрема за аероіонним складом, низка питань залишається з'ясованим недостатньо. Зокрема, недостатньо досліджено динаміку аероіонного режиму навчальних приміщень загального призначення. Це пояснюється тим, що більшість уваги приділяється навчальним приміщенням з експлуатації технічних засобів, які є чинниками іонізації або деіонізації повітря – електротехнічного обладнання, комп'ютерної техніки тощо. В той час більшість навчальних аудиторій не обладнані технічними засобами (крім проекторів, інтерактивних дошок) але характеризуються великою кількістю людей та її постійною змінністю. У таких умовах доцільно дослідити динаміку аероіонного складу повітря та визначити засоби його нормалізації та підтримання на нормативному рівні.

Стан питання. Як зазначалося, більшість досліджень щодо аероіонного складу повітря навчальних приміщень стосуються приміщень з експлуатації технічних засобів. Чинний норматив іонізації по-

вітря стосується, наприклад, приміщень, де розташовані комп'ютери та допоміжні пристрої [1; 2].

У роботах [3; 4] досліджено вплив електростатичних полів на концентрації аероіонів обох полярностей на робочих місцях з персональними комп'ютерами. Але у багатьох випадках наявність персональних комп'ютерів не впливає на електризацію поверхонь. До того ж, парк комп'ютерної техніки постійно змінюється, тому доцільно з'ясувати вплив на аероіонний склад повітря комп'ютерів найновіших моделей. Це ж стосується властивостей оздоблювальних матеріалів. У багатьох дослідженнях вважається, що навчальні приміщення обладнані системами примусової вентиляції [5; 6], що не завжди відповідає реальним умовам. У роботі [7] надано результати досліджень аероіонного режиму у навчальних приміщеннях загального призначення. Але деякі з отриманих результатів не можуть бути пояснені, виходячи з наявності джерел іонізації та деіонізації. Значною мірою це пояснюється метрологічними чинниками – великими похибками існуючих лічильників аероіонів (до 40%) [8]. Низка досліджень стосується моделювання поширення аероіонів у виробничих приміщеннях [9; 10]. Використання такого моделювання дозволяє раціоналізувати розташування робочих місць з точки зору якості повітря у робочій зоні. Втім практично усі роботи розглядають поширення аероіонів від іонізаторів повітря. Але й використання традиційних високовольтних іонізаторів повітря не завжди виправдане. За великих продуктивностей і часу роботи таких іонізаторів відбувається непередбачувана генерація озону та оксидів азоту внаслідок коронних розрядів, що може мати несприятливі наслідки для працюючих.

Наведене обумовлює необхідність пошуку нових підходів до нормалізації аероіонного складу повітря у навчальних приміщеннях, що потребує наявності надійних експериментальних даних щодо фактичного стану повітря та його динаміки упродовж робочого дня.

Мета статті – визначення основних напрямів працезохоронних заходів з нормалізації аероіонного складу повітря у навчальних приміщеннях загального призначення на основі натурних вимірювань концентрацій аероіонів.

Вимірювання концентрацій аероіонів обох полярностей виконувалося з використанням лічильника аероіонів МАС – 01 згідно з інструкцією з експлуатації.

Враховуючи велику похибку вимірювань (до 40%), притаманні усім аспіраційним лічильникам, у кожній серії здійснювалося 20 вимірювань. Чутливість приладу обмежується значенням 100 см^{-3} , тому



такі значення вважаються нижчими за порог чутливості приладу.

Оброблення результатів здійснювалося за методикою, описаною у [8], що дозволило знизити похибку вимірювань до 20-22%.

Для проведення оціночних досліджень обрано три аудиторії площами 30-36 м² з однаковим об'ємом та оздобленням стін (водоемульсійна фарба). У першій аудиторії підлога з паркету, вкритою натуральним лаком. У другій підлога вкрита леноліумом. У третій підлога також з паркету, вкрита натуральним лаком і в ній розміщено 6 персональних комп'ютерів з системними блоками та рідкокристалічними моніторами. Під час вимірювань температура і відносна вологість повітря в усіх аудиторіях відрізнялися несуттєво і не впливали на результати досліджень. Вимірювання здійснюються упродовж навчального дня – перед початком занять, з інтервалом 2 години та після закінчення занять. Під час занять в аудиторії були присутні 10-16 студентів.

Часову зміну концентрацій аероіонів обох полярностей (n^+ , n^-) наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Часові зміни концентрації аероіонів у першому навчальному приміщенні*

t, год	n^+ , см ⁻³	n^- , см ⁻³
8.00	580	550
10.00	470	520
12.00	320	260
14.00	260	240
16.00	230	210
ГДК	400	600

* НПЧ – нижче порогу чутливості приладу
ГДК – гранично допустима концентрація

Таблиця 2

Часові зміни концентрації аероіонів у другому навчальному приміщенні

t, год	n^+ , см ⁻³	n^- , см ⁻³
8.00	540	440
10.00	280	220
12.00	170	130
14.00	НПЧ	НПЧ
16.00	НПЧ	НПЧ
ГДК	400	600

Таблиця 3

Часові зміни концентрації аероіонів у третьому
навчальному приміщенні

t, год	n ⁺ , см ⁻³	n ⁻ , см ⁻³
8.00	480	420
10.00	260	230
12.00	НПЧ	НПЧ
14.00	НПЧ	НПЧ
16.00	НПЧ	НПЧ
ГДК	400	600

Результати вимірювань свідчать, що вихідні концентрації аероіонів в усіх приміщеннях нижчі за мінімально допустимі згідно чинних санітарних норм. Слід зауважити, що обрані для досліджень навчальні приміщення дуже типові. Вони розташовані на третьому поверсі цегляної будівлі. Радіаційний фон у приміщеннях складає 12-13 мкР/год, що є нормальним значенням і не впливає на іонізацію/деіонізацію повітря.

Протягом дня в усіх аудиторіях концентрації знижуються, але з різною швидкістю, що потребує з'ясування.

Відомо, концентрації аероіонів у приміщеннях залежать від багатьох факторів: радіоактивного фону, властивостей оздоблювальних матеріалів, розміщеного у приміщеннях обладнання. Так, радіоактивний фон залежить від властивостей будівельних матеріалів (у будівлях з залізобетонних конструкцій він, як правило, вищий). Електризація полімерних поверхонь також є чинником деіонізації повітря. Це ж стосується наявності у повітрі дрібнодисперсного пилу, на який осідають аероіони. Такі пристрої, як персональні комп'ютери, системи кондиціонування (системи охолодження) також непередбачувано впливають на цей показник, але у більшості випадків знижують концентрації аероіонів. Лазерні принтери та копіювальна техніка підвищують концентрації аероіонів.

Крім того, присутність у приміщеннях людей може впливати на аероіонний режим. Щодо цього експериментальні дані досить суперечливі. Це пояснюється нез'ясованістю механізму поглинання аероіонів внаслідок присутності людей. Це може бути електризація одягу, утворення аерозолів через дихання тощо.

Досвід натурних вимірювань свідчить, що найбільшій електризації зазнають підлогові покриття через трибоелектричний ефект (тертя взуття з полімерним покриттям підлоги). У багатьох випадках



напруженість електричного поля електростатичних зарядів складає 20-30 кВ/м. Тому у другому обстеженому приміщенні з полімерним покриттям за постійної присутності і пересуванні людей деіонізація повітря відбувається більш інтенсивно. Але для отримання кількісних даних (у залежності від електрофізичних якостей полімера, кількості людей, вологості повітря тощо) необхідно провести додаткові експериментальні дослідження.

Щодо комп'ютерного класу, то очевидним є значна деіонізація повітря внаслідок роботи персональних комп'ютерів. Останні кількісні дані щодо впливу кожного персонального комп'ютера на концентрацію аероіонів належать до 2011 року. З того часу конструкції комп'ютерів та матеріали, з яких виготовлено системи їх охолодження дещо змінилися.

Тому з'ясування впливу одного персонального комп'ютера та концентрації аероіонів у нормативному об'ємі (20 м³ на один комп'ютер) також потребує проведення ретельних експериментальних досліджень.

Для нормалізації аероіонного режиму у приміщеннях зазвичай використовують іонізатори повітря. Але у багатьох випадках, як зазначалося вище, це недоцільно через одночасну генерацію озону та оксидів азоту.

До того ж, здійснювати штучну іонізацію в усіх аудиторіях неможливо. Тому доцільно розглянути можливість нормалізації концентрацій аероіонів за рахунок природного повітря. Але для цього необхідно мати дані щодо якості зовнішнього повітря. При цьому цей показник протягом доби не є постійним. Відомо, що Земля має від'ємний заряд і напруженість електричного поля біля поверхні землі 100-130 В/м. Це є причиною дрейфу позитивних іонів у бік земної поверхні та підвищення їх концентрації у нічний час. Але у денний час за наявності висхідних потоків повітря концентрації іонів обох полярностей наближуються. Динаміка концентрацій аероіонів у зовнішньому повітрі також потребує досліджень у конкретній місцевості або поблизу конкретної будівлі з урахуванням техногенних факторів.

Проведений аналіз свідчить, що для розроблення ефективних організаційно-технічних заходів з нормалізації та підтримання на нормативному рівні концентрацій аероіонів у навчальних приміщеннях різного призначення необхідно провести комплекс експериментальних досліджень для отримання кількісних даних щодо чинників іонізації та деіонізації повітря як у окремих приміщеннях, так і у будівлях в цілому.

Висновки

1. Концентрації аероіонів обох поляностей у навчальних приміщеннях загального призначення нижчі за гранично допустимі. Це потребує розроблення та впровадження організаційно-технічних заходів з їх нормалізації та підтримання на нормативному рівні.

2. Дослідження довели, що причини різкої деіонізації повітря упродовж навчального дня неоднозначні і потребують уточнення з урахуванням пріоритетності та найбільшої критичності.

3. Для розроблення адекватних та ефективних заходів з нормалізації концентрацій аероіонів у конкретних приміщеннях (груп приміщень) та у будівлі в цілому необхідно виконати серію досліджень з метою отримання кількісних даних щодо електризації полімерних поверхонь, деіонізації повітря одним персональним комп'ютером, іонізації зовнішнього повітря та її динаміки протягом доби тощо.

1. ДНАОП 0.03-3.06-80. Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень № 2152-80. URL: <http://document.ua>. (дата звернення 26.03.2019). 2. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. URL: <http://document.ua>. (дата звернення 26.03.2019). 3. Сидоров О. В., Глива В. А. Вплив електростатичних полів на концентрації легких аероіонів на робочому місці оператора ПЕОМ. *Строительство, материаловедение, машиностроение. Сер. Безопасность жизнедеятельности*. 2013. Вып. 71. Т. 2. С. 176–183. 4. Sydorov O. V. Technique of small air ions concentration measurements on workplace of computer operator. *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*. 2014. № 1. С. 36–41. 5. Сукач С. В. Дослідження впливу енергетичних об'єктів на аероіонний склад повітря. *Економічна безпека територіально-виробничих комплексів : енергетика, екологія, інформаційні технології (Недінські читання – 2015) : монографія / за наук. ред. д.т.н., проф. Лук'яненка С. О., к.е.н., доц. Караєвої Н. В. К. : «МП Леся», 2015. 256 с.; С. 160–162. 6. Сукач С. В., Авраменко М. М. Підтримка параметрів мікроклімату в нормативних межах, для створення комфортних умов праці. *Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації* : зб. наук. праць ІХ Всеукраїнської науково-технічної конференції. 7. Сукач С. В., Родькін Д. Й., Сукач С. В. Трифакторна регресійна модель коефіцієнта комфортності мікроклімату приміщень. *Проблеми охорони праці в Україні*. К. : ННДІПБОП, 2011. Вип. 21. С. 119–124. 8. Астатичний регульований повітряний фільтр : патент № 103680 Україна, МПК(2015.01) B03C 3/00. Патентовласник Кременчуць-*



кий національний університет імені Михайла Остроградського; заявл. 24.06.2015; опубл. 25.12.2015. Бюл. № 24. 3 с. **9.** Biliaiev M. M., Tsygankova S. G. Calculation of air ion regime in the case of artificial air ionization. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. Дніпропетровськ : ДВНЗ ПДАБА, 2015. № 10(211). С. 61–67. **10.** Цыганкова С. Г. Проблемно-ориентированный пакет программ для расчета аэроионного режима в помещениях. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. Дніпропетровськ : НГУ, 2015. № 49. С. 280–284.

REFERENCES:

1. DNAOP 0.03-3.06-80. Sanitarno-higienichni normy dopustymykh rivniv ionizatsii povitria vyrobnychkykh ta hromadskykh prymishchen № 2152-80. URL: <http://document.ua>. (data zvernennia 26.03.2019).
2. DSanPiN 3.3.2.007-98. Derzhavni sanitarni pravyla i normy roboty z vizualnymy dyspleinymy terminalamy elektronno-obchysliuvalnykh mashyn. URL: <http://document.ua>. (data zvernennia 26.03.2019).
3. Sydorov O. V., Hlyva V. A. Vplyv elektrostatychnykh poliv na kontsentratsii lehkyykh aeroioniv na robochomu mistsi operatora PEOM. *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie. Ser. Bezopasnost zhiznedeiatelnosti*. 2013. Vyp. 71. T. 2. S. 176–183.
4. Sydorov O. V. Technique of small air ions concentration measurements on workplace of computer operator. *Mashinostroenie i bezopasnost zhiznedeiatelnosti*. 2014. № 1. S. 36–41.
5. Sukach S. V. Doslidzhennia vplyvu enerhetychnykh ob'ektiv na aeroionnyi sklad povitria. *Ekonomichna bezpeka terytorialno-vyrobnychkykh kompleksiv : enerhetyka, ekolohiia, informatsiini tekhnolohii (Nedinski chytannia – 2015) : monohrafiia / za nauk. red. d.t.n., prof. Lukianenka S. O., k.e.n., dots. Karaievoi N. V. K. : «MP Lesia», 2015. 256 s.; S. 160–162.*
6. Sukach S. V., Avramenko M. M. Pidtrymka parametriv mikroklimatu v normatyvnykh mezhakh, dlia stvorennia komfortnykh umov pratsi. *Elektromekhanichni ta enerhetychni systemy, metody modeliuвання ta optymizatsii : zb. nauk. prats IKh Vseukrainskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii*. **7.** Sukach S. V., Rodkin D. Y., Sukach S. V. Tryfaktorna rehresiina model koefitsiienta komfortnosti mikroklimatu prymishchen. *Problemy okhorony pratsi v Ukraini*. K. : NNDIPBOP, 2011. Vyp. 21. S. 119–124. **8.** Astatychnyi rehulovanyi povitrianyi filtr : patent № 103680 Ukraina, MPK(2015.01) V03S 3/00. Patentovlasnyk Kremenchutskyi natsionalnyi universytet imeni Mykhaila Ostrohradskoho; zaiavl. 24.06.2015; opubl. 25.12.2015. Biul. № 24. 3 s. **9.** Biliaiev M. M., Tsygankova S. G. Calculation of air ion regime in the case of artificial air ionization. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektury*. Dnipropetrovsk : DVNZ PDABA, 2015. № 10(211). S. 61–67. **10.** Tsyhankova S. H. Problemno-

orientirovannyi paket programm dlia rascheta aeroionnoho rezhima v pomeshcheniakh. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. Dnipropetrovsk : NHU, 2015. № 49. S. 280–284.

Рецензент: д.т.н., професор Филипчук В. Л. (НУВГП)

Hlyva V. A., Doctor of Engineering, Professor, Nikolaiev K. D., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Khalmuradov B. D., Candidate of Medical Sciences (Ph.D), Professor, Herashchenko L. V., Senior Lecturer (National Aviation Institute, Kyiv)

STUDY OF AERIONION REGIME OF EDUCATIONAL PREMISES AND DETERMINATION OF THE WAYS OF ITS NORMALIZATION

The article substantiates the necessity of finding new approaches to the normalization of aeronautical composition of air in educational premises. The purpose and tasks of the research, namely, the definition of the main directions of labor protection measures for the normalization of aeronautical composition of air in general-purpose training premises based on the actual measurements of air ion concentrations, are formulated.

The time change of the air ion concentrations of both polarities of the actual state of air and its dynamics during the working day is considered. After analyzing the results of measurements, the necessity of conducting a complex of experimental studies for obtaining quantitative data on the factors of ionization and deionization of air both in separate rooms and in buildings as a whole has been determined.

***Keywords:* aerion, concentration of aeroions, ionization and deionization, training rooms.**

Глыва В. А., д.т.н., професор, Николаев К. Д., к.с.-х.н., доцент, Халмуратов Б. Д., к.мед.н., професор, Геращенко Л. В., ст. преподаватель (Национальный авиационный университет, г. Киев)



ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОИОННОГО РЕЖИМА УЧЕБНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПУТЕЙ ЕГО НОРМАЛИЗАЦИИ

В статье обоснована необходимость поиска новых подходов к нормализации аэроионного состава воздуха в учебных помещениях. Сформулированы цель и задачи исследования, а именно определение основных направлений трудовых мер по нормализации аэроионного состава воздуха в учебных помещениях общего назначения на основе натуральных измерений концентраций аэроионов.

Рассмотрены временную смену концентраций аэроионов обеих полярностей фактического состояния воздуха и его динамики в течение рабочего дня. После анализа полученных результатов измерений определена необходимость проведения комплекса экспериментальных исследований для получения количественных данных, относительно факторов ионизации и деионизации воздуха как в отдельных помещениях, так и в зданиях в целом.

***Ключевые слова:* аэроион, концентрация аэроионов, ионизация и деионизация, учебные помещения.**
