

В.А. Глива, д.т.н, Н.Б. Бурдейна, к.п.н.,
(Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна)
С.В. Зозуля
(Національний авіаційний університет, Україна)

Моніторинг і нормалізація аероіонного складу повітря службових приміщень аеропортів

Проведено дослідження динаміки аероіонного складу повітря у приміщеннях з експлуатації комп'ютерної техніки. Дане дослідження обумовлено тим, що за результатами натурних вимірювань концентрації позитивних n^+ і негативних n^- аероіонів у робочих зонах диспетчерських приміщень упродовж робочої зміни мають значення менші 100 см^{-3} . Доведено необхідність нормалізації аероіонного складу повітря у приміщеннях диспетчерських служб цивільних аеропортів і надано рекомендації щодо їх нормалізації.

Концентрації позитивних n^+ і негативних n^- аероіонів є важливим показником якості повітря у виробничому середовищі і регламентуються міжнародними та національними нормативними документами [1, 2]. Концентрація аероіонів обох полярностей значною мірою залежить від стану зовнішнього атмосферного повітря та від ступеня електризації поверхонь. З однієї сторони, на аеродромах цивільної авіації спостерігається значна деіонізація повітря через осідання аероіонів на аерозольні частинки й дрібнодисперсний пил, що утворюються внаслідок емісії відпрацьованих газів авіаційних двигунів [3]. З іншої сторони – причиною значної деіонізації повітря у приміщеннях авіадиспетчерських і технічних служб є поява електростатичних зарядів на корпусі і клавіатурі персональних комп'ютерів, ноутбуків, дисплеях, пультах управління, поверхнях столів, робочому кріслі, підлозі через електризацію [4, 5]. В цей же час значна кількість персоналу виконують відповідальну роботу, пов'язану із безпекою людей, тому потребують належних умов праці. Отже параметри виробничого середовища вимагають постійного контролю і його нормалізації у разі потреби.

Особливістю аероіонного складу повітря є його складна динаміка у просторі і часі у залежності від пори року, часу доби, метеорологічних показників, а також наявності у виробничих приміщеннях джерел іонізації або деіонізації повітря. На сьогоднішній день деякі аспекти цієї проблематики не досліджено або досліджено в недостатній мірі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що моніторингу і нормалізації аероіонного складу повітря присвячено багато робіт. Роботи [6, 7] присвячені нормалізації концентрацій аероіонів з використанням ультразвукових іонізаторів без з'ясування причин низької концентрації аероіонів. В роботах [8, 9] вивчаються вплив низької концентрації аероіонів на стан здоров'я працюючих та зміна концентрацій аероіонів системами вентиляції повітря. У роботі [10] встановлено, залежність концентрації аероіонів від температури та відносної вологості. Застосування штучної іонізації повітря в

умовах її складної динаміки докладно досліджено і проаналізовано в праці [11]. Застосування джерел іонізації та деіонізації у приміщеннях офісного типу детально проаналізовано у роботі [12].

Мета дослідження – вивчення закономірностей зміни концентрації аероіонів протягом робочого дня у приміщеннях з експлуатації комп'ютерної техніки, визначення зміни концентрації аероіонів внаслідок роботи систем охолодження повітря (split систем), ступеня електризації полімерних поверхонь та ефективність застосування штучної іонізації повітря.

Ненормативна концентрація аероіонів негативно впливає на розумову діяльність, фізичний стан і працездатність працюючих. Авіаційний персонал який здійснює організацію повітряного руху, технічну експлуатацію наземних засобів зв'язку, навігації, спостереження виконує відповідальні функції, пов'язані з безпечною експлуатацією авіаційного транспорту, тому умови їх роботи повинні відповідати усім чинним нормативам з гігієни та охорони праці. Якісний склад повітря виробничого середовища є значущим фактором забезпечення високої працездатності авіадиспетчерів та інженерно-технічного персоналу. Аероіонний склад виробничого середовища авіадиспетчерських і технічних служб потребує проведення аналізу параметрів, розроблення заходів з нормалізації та підтримання на нормативному рівні.

Робоче місце авіадиспетчера оснащено приладами навігації, засобами радіозв'язку з пілотами та телефонного зв'язку з іншими диспетчерами та аеродромними службами. Крім комп'ютера зі спеціалізованими програмами, на робочому місці присутні монітори повітряної та метеорологічної обстановки, різні табло, індикатори та джерела звукових та візуальних сигналів тощо. При цьому фахівець веде переговори з екіпажами лайнерів, стежить за перебігом польоту на екрані радара або монітора, підтримує зв'язок з метеослужбою. При цьому під контролем одного авіадиспетчера може бути одночасно 10-20 повітряних суден.

Вимірювання були проведені в міжнародних аеропортах «Бориспіль» та «Київ» імені Ігоря Сікорського, оскільки приміщення їх авіадиспетчерських служб відповідають сучасним вимогам, а інтенсивність руху повітряних суден дуже висока. У приміщеннях вимірювались концентрації аероіонів обох полярностей. Вимірювання концентрацій аероіонів виконувались повіреним лічильником МАС-01.

Вимірювання виконувались у два етапи. На першому етапі дослідження вимірювання концентрацій аероіонів в приміщеннях диспетчерських служб аеродромів цивільної авіації без використання приладів для іонізації повітря.

Вимірювання концентрації аероіонів обох знаків у робочих зонах та інших місцях диспетчерських приміщень показало, що упродовж робочої зміни ці значення менші 100 см^{-3} . Вимірювання здійснювались у більше 20 місцях приміщення. Отримані значення перебувають за межами мінімальної чутливості приладу (менше 100 см^{-3}).

Згідно із міжнародними та національними нормативними документами [1, 2] у виробничому середовищі граничні концентрації позитивних n^+ і негативних n^- аероіонів мають становити $n^+=500 \text{ см}^{-3}$, $n^-=500 \text{ см}^{-3}$ та $n^+=400 \text{ см}^{-3}$, $n^-=600 \text{ см}^{-3}$ відповідно.

На другому етапі дослідження вимірювання концентрацій аероіонів в приміщеннях диспетчерських служб аеродромів цивільної авіації проводилося за умов увімкнення приладів для іонізації повітря. На відстані найбільш вірогідного розташування працюючих ($\approx 0,5$ м) від екранів, моніторів, приладів тощо концентрації аероіонів становили $n^+=380 \text{ см}^{-3}$, $n^-=430 \text{ см}^{-3}$. На відстані 1 м – концентрації аероіонів відповідно становили $n^+=760 \text{ см}^{-3}$, $n^-=910 \text{ см}^{-3}$. На відстані 3 м – концентрації аероіонів відповідно становили $n^+=920 \text{ см}^{-3}$, $n^-=1020 \text{ см}^{-3}$. Коли ж безпосередньо біля приладів для іонізації повітря концентрації аероіонів відповідно становили $n^+>1500 \text{ см}^{-3}$, $n^->1500 \text{ см}^{-3}$.

Таблиця 1

Результати вимірювання концентрацій аероіонів в приміщеннях диспетчерських служб аеродромів цивільної авіації

№ п/п	Умови проведення дослідження	Місце в приміщенні	Концентрації аероіонів					
			за різних умов дослідження		за міжнародними нормативами		за національними нормативами	
			n^+ , см^{-3}	n^- , см^{-3}	n^+ , см^{-3}	n^- , см^{-3}	n^+ , см^{-3}	n^- , см^{-3}
1	Без використання приладів для іонізації повітря	В усіх місцях приміщення	< 100	< 100				
2		На відстані $\approx 0,5$ м від екранів, моніторів, приладів	380	430				
3	Увімкнені прилади для іонізації повітря	На відстані ≈ 1 м від екранів, моніторів, приладів	760	910	500	500	400	600
4		На відстані ≈ 3 м від екранів, моніторів, приладів	920	1020				
5		Безпосередньо біля приладів для іонізації повітря	>1500	>1500				

Значення напруженостей електростатичних полів поверхневих електростатичних зарядів біля дисплеїв комп'ютерів, моніторів та екранів

приладів навігації, приладів зв'язку та оргтехніки становить порядку 4,0–9,0 кВ/м. Значення напруженостей електростатичних полів поверхневих електростатичних зарядів біля полімерних поверхонь – спинки та сидіння крісел операторів, робочих поверхонь столів, клавіатур, покриття підлоги перебуває у межах 7,5–22,0 кВ/м. Ці значення напруженостей електростатичних полів значно перевищують гранично допустимі 0,5 кВ/м.

Попередні дослідження [4, 13] свідчать, що концентрації аероіонів та ступені електризації поверхонь взаємопов'язані. Заряджені аероіони дрейфують у бік заряджених поверхонь, полярність яких у більшості випадках непередбачувана. У такій ситуації за певний час відбувається майже повна деіонізація повітря. В той же час заряди аероіонів частково знижують електризацію поверхонь. Але через процес тертя статичні заряди накопичуються.

Нормалізація аероіонного складу повітря можлива за рахунок використання іонізаторів повітря. Але враховуючи наявність поверхневих зарядів, процес іонізації – деіонізації буде постійним, що вимагає неперервної роботи іонізатора. Це не завжди є прийнятним.

Підсумовуючи вище сказане можна зробити такі висновки. Контроль концентрації аероіонів обох полярностей у повітрі робочої зони показав, що повітря є повністю деіонізованим. Джерелом деіонізації повітря є значні значення напруженостей наелектризованих поверхонь. Електростатичні поля комп'ютерної та навігаційної техніки, а також полімерних поверхонь критично впливають на концентрації аероіонів. Для нормалізації аероіонного складу повітря рекомендовано використовувати іонізатори повітря, Для нормалізації надлишкових статичних зарядів (зниження електризації поверхонь) рекомендовано робити антистатичну обробку поверхонь спеціальними сумішами, вологе прибирання та використовувати зволожувачі повітря.

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: <http://www.maes.de/14%20ENGLISCH/STANDARD-2015%20EN.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. Snylyo K., Krupko A., Zaporozhets O., Makarenko R.. CFD simulation of exhaust gases jet from aircraft engine. *Energy*. Vol. 213, issue C. – Pergamon, 2020/12/15. – 118 p. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118610>.

4. Глива В. А., Ніколаєв К. Д., Тихенко О. М., 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.

5. Глива В. А., Бурдейна Н. Б., Зозуля С. В. Дослідження динаміки аероіонного складу повітря на робочому місці користувача персонального комп'ютера з урахуванням електромагнітних чинників. Системи управління навігації та зв'язку. 2022. №2. С. 73-76.

6. 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>.

7. 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.

8. 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.

9. 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>

10. 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.

11. 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.

12. 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>

13. Сидоров О. В. Вплив електростатичних полів на концентрації легких аероіонів на робочому місці оператора ПЕОМ. / О. В.Сидоров, В. А. Глива // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Безопасность жизнедеятельности. – 2013. – Вып. 71. – Т. 2. – С. 176 – 183.