

Контроль космічного та повітряного простору

УДК 538.69.41

doi: 10.26906/SUNZ.2018.6.032

В. А. Глива¹, К. Д. Ніколаєв¹, О. М. Тихенко¹, О. П. Тимошенко²

¹ Національний авіаційний університет, Київ, Україна

² КП «Міжнародний аеропорт Одеса», Одеса, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНІВ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ У ПРИМІЩЕННЯХ ДИСПЕТЧЕРСЬКИХ СЛУЖБ АЕРОПОРТІВ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

Предметом представленої роботи є процеси формування комплексу фізичних факторів у приміщеннях диспетчерських служб аеродромів цивільної авіації. Мета дослідження – натурні вимірювання кількісних значень найбільш критичних фізичних факторів та надання науково обґрунтованих рекомендацій з їх нормалізації та підтримання на нормативному рівні. Для досягнення поставленої мети визначені наступні задачі: вимірювання напруженостей магнітного та електричного полів промислової частоти, індукції стаціонарного магнітного поля, густини потоків енергії електричних полів, радіочастот, напруженостей електростатичних полів та концентрації аероіонів обох знаків у повітрі робочої зони. На основі отриманих даних розроблені рекомендації з управління та підтримки стандартного рівня вимірюваних фізичних факторів. Методами досліджень є інструментальні вимірювання рівнів фізичних факторів, розрахунковий та графоаналітичний методи. У результаті вимірювань рівнів фізичних факторів у диспетчерських вежах аеропортів встановлено наступне. Напруженості магнітного та електричного полів промислової частоти, густини потоків енергії електромагнітних випромінювань радіочастот, стаціонарних магнітних полів перебувають на нормативному рівні та не потребують коригування. Повітря робочої зони є повністю деіонізованим. Це обумовлене наявністю ненормативних рівнів електризації полімерних поверхонь. Цей висновок зроблено на основі виконаного моделювання відповідних процесів та підтверджено експериментально. Для нормалізації аероіонного складу повітря рекомендовано використовувати спеціально розроблений ультразвуковий іонізатор повітря. Його перевагою є відсутність генерації озону та оксидів азоту у процесах коронних розрядів. Досліджено ефективність розробленого іонізатора повітря. Показано, що зона впливу іонізатора задовільна, при цьому відбувається підвищення відносної вологості. Це сприяє зниженню електризації поверхонь. Зроблено висновки про фактичний стан рівнів фізичних факторів. У приміщеннях диспетчерських служб аеропортів доведено необхідність нормалізації аероіонного складу повітря і надано спосіб її реалізації.

Ключові слова: електромагнітне поле, електростатичне поле, іонізація повітря ультразвуковий іонізатор.

Вступ

Постановка проблеми. На сьогоднішній день в Україні відбувається значне зростання обсягів авіаперевезень. Це обумовлює необхідність реконструкції діючих та введення у експлуатацію нових аеродромів цивільної авіації. У зв'язку з цим зростає й кількість персоналу авіадиспетчерських служб з керування повітряним рухом. Ця категорія працюючих виконує відповідальні функції, пов'язані з безпечною експлуатацією авіатранспорту, тому умови їх роботи повинні відповідати усім чинним нормативам з гігієни та охорони праці, що потребує проведення відповідних вимірювань параметрів виробничого середовища та розроблення заходів з його нормалізації та підтримання на нормативному рівні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ознайомлення з доступними джерелами дозволяє дійти висновку, що за останнє десятиріччя в Україні не приділялося достатньої уваги забезпеченню належних умов праці авіадиспетчерів. Так, у роботах [1, 2] констатується, що авіадиспетчери та інженерно-технічний персонал, що обслуговує системи навігації, радіолокації та зв'язку піддаються впливу шуму, мікрокліматичним умовам, електромагнітним полям та випромінюванням. Останнє ґрунтовне дослідження [3] виконано у 2012 році, коли інтенсивність повітряного руху та кількість персоналу були

мінімальними, а технічні засоби інших, застарілих моделей, теж були у мінімальній кількості. У цій роботі оцінювалися рівні шуму, магнітних полів промислової частоти та електромагнітних полів радіочастот. Поза увагою залишився такий електрозалежний фактор, як аероіонізація повітря. Це обумовлює необхідність обстеження умов праці персоналу з керування повітряним рухом на комплексній основі з урахуванням взаємозв'язку фізичних факторів виробничого середовища. Такі дані нададуть можливість, у разі необхідності розробити науково обґрунтовані рекомендації з нормалізації та підтримання на нормативному рівні найбільш критичних параметрів у виробничих приміщеннях.

Мета дослідження – провести натурні вимірювання кількісних параметрів фізичних факторів виробничого середовища приміщень з керування повітряним рухом та надати рекомендації щодо їх нормалізації.

Виклад основного матеріалу

Для проведення вимірювань було обрано міжнародний аеропорт «Бориспіль» та міжнародний аеропорт «Київ» ім. Ігоря Сікорського, як такі у яких приміщення авіадиспетчерських служб відповідають сучасним вимогам, а інтенсивність руху повітряних суден дуже висока. У приміщеннях вимірювалися рівні електромагнітних полів, електри-

зація поверхонь, стаціонарне магнітне поле, концентрація аероіонів обох полярностей.

В умовах використання систем клімат-контролю рівні інших фізичних факторів – температура, відносна вологість та швидкість спрямованого руху повітря не має сенсу вимірювати, як заздалегідь нормативні. Вимірювання напруженості магнітного та електричного поля промислової частоти та густини потоків енергії виконувалися каліброваними приладами ПЗ-50 та ПЗ-31. Індукція магнітного поля – повіреним стаціонарним приладом МТМ-01. Концентрація аероіонів – повіреним лічильником МАС-01, напруженість електричного поля – переносним вимірювачем НЕП-П.

Оскільки основним технічним пристроєм, яким користуються фахівці з керування повітряним рухом, є комп'ютерна техніка, то згідно з чинними вимогами, рівні фізичних факторів повинні відповідати нормативу з правил охорони праці при експлуатації комп'ютерної техніки [4].

Контрольні вимірювання показали, що усі параметри в обох аеропортах відрізняються у межах похибки вимірювань, тому отримані результати надавати окремо по аеропортах («Бориспіль» та «Київ» ім. Ігоря Сікорського) не має сенсу.

Так, напруженості магнітного та електричного полів промислової частоти перебувають відповідно у межах 0,05-0,80 А/м та 7-11 В/м, що практично відповідає фоновим значенням і не може обумовлюватися впливом технологічного обладнання.

За високочастотними випромінюваннями густина потоку енергії у діапазоні 300 МГц – 30 ГГц складала 0,2-2,0 мкВт/см². Спостерігалися миттєві підвищення цього параметра до 5,0 мкВт/см², що значно нижче гранично допустимого (10 мкВт/см²) [5]. Значення індукції стаціонарного магнітного поля перебувало у межах 49-61 мкТл, що практично відповідає індукції природного геомагнітного поля (на широті м. Києва – 49,6 мкТл).

Можна вважати, що наведені вище параметри перебувають на мінімально максимальному рівні та не потребують застосування організаційно-технічних заходів.

Випромінювання концентрації аероіонів обох знаків показало, що для великої серії вимірювань (більше 20) отримані значення перебувають за межами мінімальної чутливості приладу (менше 100 см⁻³). В той же час відповідний норматив [6] вимагає мінімальної концентрації позитивних іонів – 400 см³, негативних – 600 см⁻³.

Вимірювання напруженості електростатичного поля поверхневих електростатичних зарядів показало, що вона біля полімерних поверхонь (покриття підлоги, меблів) перебуває у межах 7,5-22,0 кВ/м, що значно перевищує гранично допустимий рівень для даних виробничих умов (0,5 кВ/м згідно) [4].

Попередні дослідження [7] свідчать, що концентрації аероіонів та ступені електризації поверхонь взаємопов'язані.

Підтвердження деіонізуючої дії електростатичних полів було обґрунтовано розробленою математичною моделлю:

$$\begin{cases} \frac{dn^-}{dt} = -\mu^- En^- / r^2 + \mu^- En_{r+1}^- / (r+1)^2 + \\ \quad + q - \alpha n^- n^+ - \beta^- n^- N^+ - \beta_0^- n^- N; \\ \frac{dn^+}{dt} = -\mu^+ En^+ / r^2 + \mu^+ En_{r+1}^+ / (r-1)^2 + \\ \quad + q - \alpha n^- n^+ - \beta^+ n^+ N^- - \beta_0^+ n^+ N, \end{cases} \quad (1)$$

де n^- та n^+ – відповідно концентрації негативних та позитивних легких аероіонів, см⁻³; q – рівень генерації пар легких аероіонів, см⁻³; α – коефіцієнт рекомбінації легких аероіонів; β^- та β^+ – коефіцієнт осадження відповідно негативних та позитивних легких аероіонів на важких аероіонах протилежної полярності; N^- та N^+ – відповідно концентрації негативних та позитивних важких аероіонів, см⁻³; β_0^- та β_0^+ – коефіцієнт осадження відповідно негативних та позитивних легких аероіонів на нейтральних частинках; N – концентрація нейтральних частинках, см⁻³; μ^- та μ^+ – рухливості відповідно негативних та позитивних легких аероіонів, $\mu^- = 1,66$ см²/(В·с), $\mu^+ = 1,19$ см²/(В·с); E – напруженість електростатичного поля на відстані 1 см від його джерела, В/см; r – відстань від джерела електростатичного поля до досліджуваного 1 см³ повітря, см; n_{r-1}^+ – концентрація легких позитивних аероіонів у об'ємі 1 см³, що суміжний з досліджуваним зі сторони джерела електростатичного поля, см⁻³; n_{r+1}^- – концентрація легких негативних аероіонів у об'ємі 1 см³, що суміжний з досліджуваним протилежною стороною джерела електростатичного поля, см⁻³. Система рівнянь (1) є загальним виразом, що описує зміну концентрації легких аероіонів під дією електростатичного поля, однак при розрахунку концентрацій на відстані 1 см вона буде мати інший вигляд, оскільки відсутнє надходження позитивних аероіонів зі сторони джерела електростатичного поля.

Для перевірки адекватності отриманої моделі було проведено експеримент, суть якого полягала у вимірюванні концентрацій легких аероіонів на різних відстанях від площинного джерела електростатичного поля з напруженостями 4,8; 60; 100; 160 кВ/м (рис. 1). Для порівняння розрахункових та експериментальних результатів концентрації легких аероіонів було розраховано коефіцієнт невідповідності Тейла, який становив від 0,12 до 0,31, що говорить про адекватність розробленої моделі.

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 прийнятно.

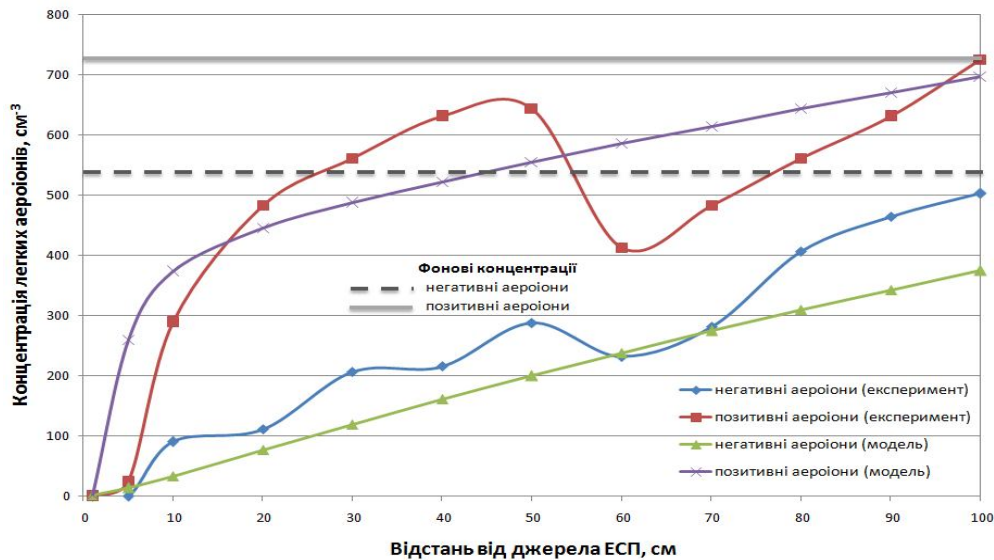


Рис. 1. Зміна розрахункових та експериментальних концентрацій легких аероіонів з відстанню (см) від джерела електростатичного поля напруженістю 4,8 кВ/м

Відомо, що усі серійні іонізатори повітря використовують принципи високовольтних коронних розрядів. При цьому, крім іонізації повітря відбувається неконтрольована генерація озону та оксидів азоту, які за певних концентрацій (за довгострокової роботи іонізатора) шкідливі для людей.

З метою уникнення цього явища запропоновано використання ультразвукового іонізатора повітря. Принцип його роботи полягає у використанні балоелектричного ефекту. При цьому відбувається не тільки іонізація повітря, а й його зволоження. А підвищення вологості повітря, у свою чергу, знижує рівні електризації поверхонь. Враховуючи, що даний іонізатор не виробляється серійно і є оригінальною розробкою, доцільно надати його конструктивні особливості та ефективність роботи. Ультразвуковий іонізатор складається з ультразвукового генератора потужністю 20 Вт, плоского випромінювача, ємності з водою, з якої тонкою трубкою вода подається на поверхню плоского випромінювача ультразвукових коливань. Генерація аеронів відбувається під час подрібнення води внаслідок балоелектричного ефекту. Обсяги генерації аероіонів регулюються кількістю води, яка подається на випромінювач.

Результати випробування ефективності іонізатора повітря наведено на рис. 2. Наведені дані свідчать, що ефективність біполярної іонізації повітря у пропонуваній спосіб задовільна. При чому відносна вологість повітря у радіусі впливу іонізатора (до 1,5-2,0 м) зростала на 7-10 %.

Порівнюючи отримані дані з ефективністю стандартних коронних іонізаторів, можна зробити висновок, що їх зони впливу на якість повітря збігаються, а побічні ефекти у вигляді генерації озону та оксидів азоту відсутні. Це надає змогу не обмежувати, у разі потреби, час роботи іонізатора.

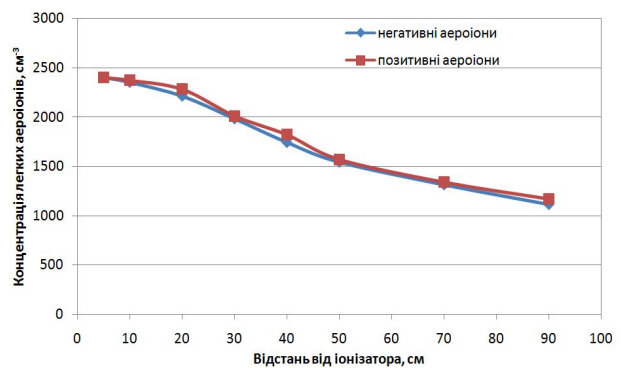


Рис. 2. Залежність концентрації легких аероіонів, що генеруються іонізатором повітря, від відстані до нього

Висновки

1. Вимірювання у приміщеннях диспетчерських служб аеропортів рівнів електромагнітних полів промислової частоти, радіочастот, стаціонарного магнітного поля показало, що вони відповідають чинним нормативам з гігієни та охорони праці.

2. Контроль концентрації аероіонів обох полярностей у повітрі робочої зони показав, що повітря повністю деіонізоване. Джерелом деіонізації повітря є значні рівні електризації поверхонь.

3. Для нормалізації аероіонного складу повітря рекомендовано використовувати ультразвуковий іонізатор повітря, який, на відміну від коронних іонізаторів, не генерує у неконтрольованих кількостях озону та оксидів азоту.

4. Випробування ефективності ультразвукового іонізатора повітря довело його високу ефективність щодо генерації аероіонів обох полярностей з одночасним зростанням відносної вологості повітря на 7-10 %, що сприяє зниженню електризації поверхонь.

Список літератури

1. Походзей Л. В. Гигиеническая оценка электромагнитной обстановки и виброакустических факторов на рабочих местах радиотехнического персонала аэропортов гражданской авиации / Л. В. Походзей, Н. Н. Курьеров, Н. Б. Рубцова // Медицина труда и промышленная экология. – 2004. – № 1. – С 31-35.

2. Ковалева А. И. Физиологическая оценка характера и условий труда диспетчеров по управлению воздушным движением / А. И. Ковалева, В. И. Чернюк // Гигиена труда. – 2004. – № 35. – С. 276-285.
3. Физиолого-гигиеническая оценка физических факторов и напряженности труда на рабочих местах авиадиспетчеров и инженерного персонала по обеспечению управления гражданским воздушным движением в Украине / В. И. Чернюк, В. И. Назаренко др. // Український журнал з проблем медицини праці. – 2012. – № 1. – С. 26-33.
4. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин: НПОП 0.00-1.28-10. [Чинний від 2010-19-04]. К.: Держпромгірнагляд України. – 2010. – 10 с. (Нормативний документ Держпромгірнагляду України).
5. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів: ДСанПін 3.3.6.096-2002. [Чинний від 2003-01-04]. К.: МОЗ України. – 2003. – 16 с. (Державні санітарні норми України).
6. Санитарно-гигиенические нормы допустимых уровней ионизации воздуха производственных и общественных помещений: СНиП 2152-80. [Введен в действие 1980-12-02]. М.: МЗ СССР. – 1980. – 7 с.
7. 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.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М. І. Адаменко,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків
Received (Надійшла) 31.10.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 23.01.2019

Исследования уровней физических факторов в помещениях диспетчерских служб аэропортов гражданской авиации

V. A. Glyva, K. D. Nikolaev, O. N. Tykhenko, O. P. Tymoshenko

Предметом представленной работы являются процессы формирования комплекса физических факторов в помещениях диспетчерских служб аэродромов гражданской авиации. Цель исследования - натурные измерения количественных значений наиболее критических физических факторов, предоставление научно обоснованных рекомендаций по их нормализации и поддержании на нормативном уровне. Для достижения поставленной цели определены следующие задачи: измерение напряженностей магнитного и электрического полей промышленной частоты, индукции стационарного магнитного поля, плотности потоков энергии электрических полей, радиочастот, напряженностей электростатических полей и концентрации аэроионов в воздухе рабочей зоны. На основе полученных данных разработаны рекомендации по управлению и поддержке стандартного уровня измеренных физических факторов. Методами исследований являются инструментальные измерения уровней физических факторов, расчетный и графоаналитических методы. В результате измерений уровней физических факторов в диспетчерских башнях аэропортов установлено следующее. Напряженности магнитного и электрического полей промышленной частоты, плотности потоков энергии электромагнитных излучений радиочастот, стационарных магнитных полей находятся на нормативном уровне и не требуют корректировки. Воздух рабочей зоны полностью деионизированный. Это обусловлено наличием ненормативных уровней электризации полимерных поверхностей. Этот вывод сделан на основе выполненного моделирования соответствующих процессов и подтверждено экспериментально. Для нормализации аэроионного состава воздуха рекомендуется использовать специально разработанный ультразвуковой ионизатор воздуха. Его преимуществом является отсутствие генерации озона и оксидов азота в процессах коронных разрядов. Исследована эффективность разработанного ионизатора воздуха. Показано, что зона влияния ионизатора удовлетворительная, при этом происходит повышение относительной влажности. Это способствует снижению электризации поверхностей. Сделаны выводы о фактическом состоянии уровней физических факторов. В помещениях диспетчерских служб аэропортов доказана необходимость нормализации аэроионного состава воздуха и предоставлено способ ее реализации.

Ключевые слова: электромагнитное поле, электростатическое поле, ионизация воздуха ультразвуковой ионизатор.

The study of physical factors levels in the control tower service premises of civil aviation airport

V. Glyva, K. Nikolaiev, O. Tykhenko, O. Tymoshenko

The subject of the presented research is the processes of forming the complex of physical factors in the premises of control tower services of airfields of civil aviation. The purpose of the study is to measure the quantitative values of the most critical physical factors and provide scientifically substantiated recommendations for their control and maintenance at the standard level. In order to achieve this goal, the following tasks were determined: measurement of the industrial frequency magnetic and electric field intensity, the induction of a stationary magnetic field, the density of the energy fluxes of the electric fields, the radiofrequencies, the intensity of the electrostatic fields, and the concentration of the aerial ions of both signs in the air of the working zone. On the basis of the received data the recommendations on the management and maintenance of the standard level of measured physical factors have been developed. Research methods are instrumental measurements of the physical factors levels, calculation and graph-analytical methods. As a result of measurements of the physical factors levels in the control towers of airports, the following facts are established. The intensity of the magnetic and electric fields of the industrial frequency, the density of energy fluxes of electromagnetic radiation of radio frequencies, the stationary magnetic fields correspond to the standard level and need no correction. The air of the working area is completely deionized. This is due to the presence of abnormal levels of electrification of polymeric surfaces. This conclusion is made on the basis of the simulation of the corresponding processes and has been confirmed experimentally. It is recommended to use a specially developed ultrasonic air ionizer to improve the aeronautical composition of the air. Its advantage is the lack of the ozone and nitrogen oxides generation in the processes of corona discharges. The efficiency of the developed air ionizer has been investigated. It is shown that the ionization zone is satisfactory, additionally providing increase in relative humidity. This contributes to the reduction of surface electrification. Conclusions are made about the actual levels of physical factors. The need for the improvement of the air ion composition at the control tower services of airports has been proved and the method for its implementation is provided.

Keywords: electromagnetic field, electrostatic field, ionization of air, ultrasonic ionizer.