

Левченко Лариса Олексіївна

Кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів і систем, ORCID: 0000-002-7227-9472

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТАЦІОНАРНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ
ТА МАГНІТНИХ ПОЛІВ НА АЕРОІОННИЙ СКЛАД ПОВІТРЯ
ТА МІКРОКЛІМАТИЧНІ ПОКАЗНИКИ У БУДІВЛЯХ І СПОРУДАХ**

***Анотація.** Електромагнітні процеси суттєво впливають на стан атмосферного повітря. Необхідно визначити механізми взаємовпливу електричних, магнітних полів і мікрокліматичних показників повітря будівель і споруд. Найбільш вагомим чинником впливу на аероіонізацію повітря і відносну вологість є електростатичні поля, що утворилися внаслідок електризації полімерних покриттів. Виявлено, що протягом доби відбуваються значні зміни концентрацій аероіонів у повітрі. Запропоновано систему рівнянь, що описує зміну концентрації легких аероіонів під дією електростатичного поля. Наведено дані щодо зміни концентрацій легких негативних аероіонів залежно від відстані до джерела іонізації за відносних вологостей 40, 60 та 70%. Аналіз спектрального складу магнітних полів у приміщеннях різного призначення, а також у міському електричному транспорті свідчить про наявність значних рівнів стаціонарних магнітних полів, що можуть суттєво впливати на мікрокліматичні показники повітря через перерозподіл концентрацій аероіонів різних знаків. Потребує розроблення комплексна система нормалізації усіх фізичних факторів середовища, що враховує вплив стаціонарних електричних, магнітних полів на мікрокліматичні показники середовища будівель, споруд, окремих приміщень.*

Ключові слова: електростатичні поля; концентрація аероіонів; рівні електризації поверхонь; мікрокліматичні показники; напруженість

Вступ

Дослідження з електромагнітної екології є одним з пріоритетних напрямів підвищення якості середовища постійного перебування людей. Це стосується як територій в цілому, так будівель і споруд та окремих приміщень. Значною мірою це обумовлене електромагнітним забрудненням середовища, не пов'язаним з виробничими процесами. При цьому вважається, що електромагнітні процеси або не впливають зовсім, або впливають незначним чином на інші показники середовища. Частково такі впливи розглядалися на глобальному рівні – у атмосфері, залишаючи поза увагою вплив електричних та магнітних полів на екологію приміщень.

Сучасний стан проблеми

Дослідження останніх років свідчать про значний вплив електромагнітних процесів у атмосфері на стан атмосферного повітря [1; 2]. Такий вплив цілком логічний, враховуючи істотні концентрації у повітрі заряджених частинок – аероіонів та заряджених ними аерозолів і дрібнодисперсного пилу.

Низка експериментальних досліджень довели суттєвий вплив електромагнітних полів на концентрації аероіонів у приміщеннях [3–5]. Визначення змін концентрацій аероіонів здійснювалося переважно за допомогою іонізаторів повітря з використанням коронних розрядів [6]. Це не завжди дає коректні результати через великі вихідні концентрації аероіонів та значні градієнти їх концентрацій. Особливістю формування аероіонного складу повітря є постійна генерація іонів в усьому об'ємі під впливом природних факторів та їх постійна рекомбінація.

Дослідження останніх років довели значний вплив електростатичних полів на динаміку аероіонного складу повітря [7]. У роботі [8] показано вплив концентрацій аероіонів на коефіцієнти комфортності середовища та їх залежність від відносної вологості та температури повітря. Викликає інтерес додати до методики визначення коефіцієнтів комфортності значень електричних та магнітних полів у приміщенні чи будівлі. Це вимагає доповнення наявних моделей щодо динаміки аероіонного складу повітря [9] відповідними показниками. Для цього необхідно визначити критичні джерела електричних і магнітних полів та отримати кількісні дані щодо їх впливу на мікрокліматичні параметри.

Мета статті

Метою статті є визначення механізмів взаємовпливу електричних та магнітних полів і мікрокліматичних показників повітря будівель і споруд.

Виклад основного матеріалу

Найбільш критичним показником впливу на аероіонний склад повітря є електростатичні поля. У більшості приміщень вони обумовлені електризацією оздоблювальних матеріалів – підлогових покриттів, синтетичних шпалер, матеріалів меблів тощо. Значення напруженостей цих полів, виміряних авторами у багатьох приміщеннях різного призначення, мають широкий діапазон – від 1 – 2 кВ/м до 25 – 30 кВ/м і зазвичай є непередбачуваними. При цьому вплив електризацій поверхонь та концентрацій аероіонів є взаємним, а саме: аероіони за великих концентрацій нейтралізують статичні заряди протилежних знаків, а електризовані поверхні змінюють просторові розподіли аероіонів та їх концентрації.

Результати експериментальних досліджень підтверджуються розробленою математичною моделлю динаміки аероіонного складу повітря в умовах впливу електростатичних полів з урахуванням рекомбінації іонів та їх осідання на дрібнодисперсний пил [5].

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

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 частинок, см^{-3} ; μ^- та μ^+ – рухливість відповідно негативних та позитивних легких аероіонів, згідно $\mu^- = 1,66 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$, $\mu^+ = 1,19 \text{ см}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$; E – напруженість електростатичного поля на відстані 1 см від його джерела, В/см; r – відстань від джерела електростатичного поля до досліджуваного 1 см^3 повітря, см; n_{r-1}^+ – концентрація легких позитивних аероіонів у об'ємі 1 см^3 , що суміжний з досліджуваним з боку джерела електростатичного поля, см^{-3} ; n_{r+1}^- – концентрація легких негативних аероіонів у об'ємі 1 см^3 , що суміжний з

досліджуваним з боку протилежним джерелу електростатичного поля, см^{-3} .

В даній системі рівнянь члени $\frac{\mu^- E n^-}{r^2}$ та

$\frac{\mu^+ E n^+}{r^2}$ враховують видалення легких аероіонів з

об'єму повітря, що розглядається, під впливом електричного поля. Одночасно з процесами видалення легких аероіонів під впливом електричного поля будуть також відбуватися процеси надходження легких аероіонів у досліджуваній об'єм повітря під впливом того ж електричного поля із суміжних об'ємів. Для врахування цих процесів у систему рівнянь (1) були

додані члени $\frac{\mu^- E n_{r+1}^-}{(r+1)^2}$ та $\frac{\mu^+ E n_{r-1}^+}{(r-1)^2}$.

Слід зазначити, що у випадку дії негативного електростатичного поля на легкі аероіони перше рівняння буде описувати динаміку концентрацій позитивних аероіонів, а друге – негативних.

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 не буде мати місце надходження позитивних аероіонів з боку джерела

електростатичного поля $\left(\frac{\mu^+ E n_{r-1}^+}{(r-1)^2} = 0 \right)$, тому

концентрація легких аероіонів на відстані 1 см від джерела електростатичного поля буде описуватися системою рівнянь:

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

У той же час як рівні електромагнітних полів, так і концентрації аероіонів залежать від відносної вологості повітря, яка, в свою чергу, залежить від температури. Останнє давно відомо і не потребує пояснень. Результати експериментів щодо впливу відносної вологості повітря на зміни концентрацій легких аероіонів наведено на рис. 1.

Рівні електризації поверхонь залежать від електричних властивостей повітря, які, в свою чергу, залежать від мікрокліматичних показників:

$$K_T = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{d\epsilon}{dT}, \text{ К}^{-1}, \quad K_B = \frac{1}{\epsilon} \cdot \frac{d\epsilon}{dP}, \text{ Па}^{-1},$$

де K_T – температурний коефіцієнт діелектричної проникності; K_B – баричний коефіцієнт діелектричної проникності; ϵ – діелектрична проникність повітря; T – температура; P – атмосферний тиск.

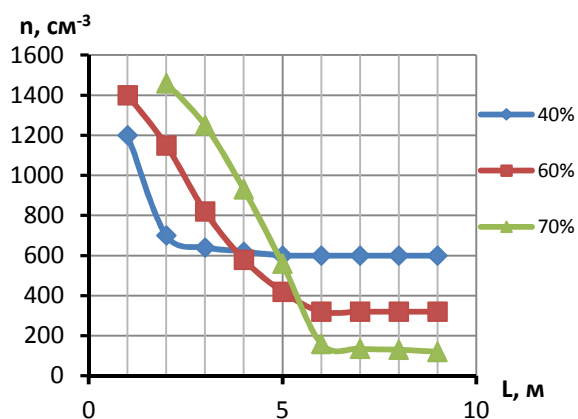


Рисунок 1 – Зміни концентрацій легких негативних аероіонів від відстані до джерела іонізації за відносних вологостей 40, 60 та 70%

Втім, остання залежність є некритичною з точки зору охорони праці та екології приміщень, а вплив температури є істотним через її значні коливання:

$$\varepsilon = e^{K_T \cdot T}$$

Підвищення вологості спричиняє значне зростання питомої провідності повітря σ та зниження його діелектричної міцності (стійкість до електричного пробиття). Вплив цих показників на напруженості електричних полів можна проілюструвати, використовуючи відому емпіричну формулу Піка для окремого провідника, яка використовується для розрахунків продуктивності абсолютної більшості іонізаторів повітря:

$$P = \frac{24,1}{\delta} \cdot (f + 25) \cdot \sqrt{\frac{r_0}{d}} \cdot (U - U_k)^2 \cdot 10^{-5},$$

де P – втрати потужності на коронні розряди; δ – густина повітря; f – частота електричного струму; r_0 – радіус окремого провідника; d – відстань між дротами; U – напруга у дроті; U_k – напруга виникнення коронного розряду і обчислюється за формулою:

$$U_k = 21,2 \cdot \delta \cdot \ln \frac{d}{r_0} \cdot m,$$

де m – коефіцієнт погоди (для сухого повітря $m=1$, для вологого $m=2$).

З наведених співвідношень визначається напруженість електричного поля у стаціонарному режимі:

$$E = \frac{1}{2\pi R l \delta_a} \sqrt{\frac{P}{R_0}},$$

де δ_a – фактична електропровідність повітря за даних умов; R_0 – електричний опір циліндра, коаксіального провідника радіусом R і довжиною l .

Зазвичай наведений приклад має ілюстративний характер. У ньому фактично розглядається циліндричний конденсатор, однією

обкладкою якого є електричний дріт, втім аналогічна картина спостерігається і для пласкої зарядженої поверхні. У будь-якому випадку електричне поле є причиною дрейфу аероіонів, який підвищується зі зростанням напруженості поля. При цьому мікророзряди відіграють двояку роль, аналогічну дії коронного іонізатора: генеруючи іони, вони одночасно генерують непередбачувану кількість озону (O_3) та сполук азоту (NO_x).

Ефект впливу електричного поля на аероіонний склад повітря проявляється і на глобальному рівні, тобто у атмосфері.

В останні роки фахівцями з електромагнітної безпеки та електромагнітної екології багато уваги приділяється впливу змін геомагнітного поля на здоров'я людей [10; 11]. Результатом досліджень було введення у дію міжнародного нормативу щодо допустимого зниження напруженості геомагнітного поля у виробничих та побутових умовах [12]. Проект аналогічного національного стандарту розроблено і в Україні. В той же час впливу електричного поля Землі на людей не приділяється достатньо уваги. Відомо, що Земля має від'ємний заряд $\sim 3 \cdot 10^5$ Кл, а різниця потенціалів між іоносферою та поверхнею Землі становить 200 – 250 кВ, як у великому сферичному конденсаторі. У середніх широтах, як в Україні, напруженість електричного поля біля поверхні Землі становить приблизно 130 В/м, що істотно впливає на аероіонний склад повітря, а точніше – на зміни концентрацій аероіонів різних знаків протягом доби. Це з'ясовано у результаті проведення відповідних досліджень. Вимірювання виконувалися у замській зоні з мінімальним впливом сторонніх факторів на концентрації аероіонів (рис. 2).

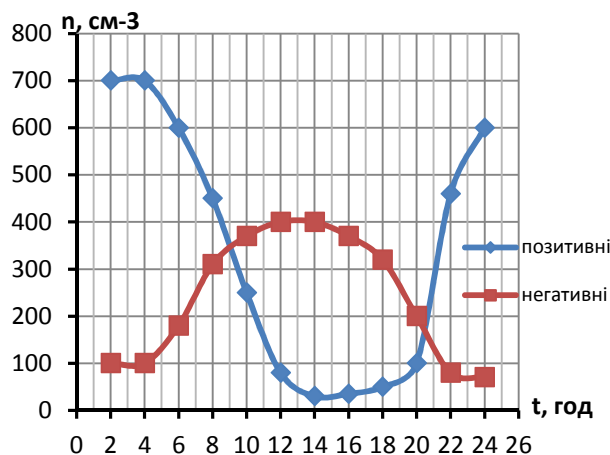


Рисунок 2 – Добова динаміка концентрацій позитивних та негативних аероіонів

На рис. 2 наведено окремий випадок через залежність кількісних значень від вологості, температури тощо. Втім загальний вигляд наведених кривих є типовим.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що навіть за відсутності джерел деіонізації аероіонний склад повітря далекий від оптимального. При цьому відбуваються значні зміни концентрацій. У денний час спостерігається значний винос аероіонів за рахунок конвективних висхідних потоків повітря. Після заходу сонця цей процес припиняється і відбувається значне підвищення концентрацій позитивних аероіонів, які пересуваються за рахунок електричного поля у бік від'ємно зарядженої поверхні Землі. Цей факт є важливим з точки зору забезпечення мікрокліматичних умов у будівлях і спорудах. При організації як природної, так і примусової вентиляції приміщень слід враховувати зміни складу зовнішнього повітря внаслідок електричних процесів у атмосфері. За використання примусової вентиляції слід також враховувати часткову деіонізацію повітря через електризацію поверхонь повітропроводів.

Проведені авторами дослідження спектрального складу магнітних полів у приміщеннях різного призначення, а також у міському електричному транспорті показали наявності значних рівнів стаціонарних магнітних полів (крім геомагнітної складової). Походження цих полів не є предметом даної статті, але їх наявність є встановленим фактом. Такі поля можуть суттєво впливати на мікрокліматичні показники повітря через перерозподіл концентрацій аероіонів різних знаків. З фундаментальних фізичних законів відомо, що магнітні поля впливають тільки на рухомі заряди, якими у нашому випадку є аероіони.

У загальному випадку

$$\mathbf{F} = q \cdot (\mathbf{V} \times \mathbf{B}),$$

де F – сила, що впливає на заряджену частинку; q – заряд частинки; V – її швидкість; B – індукція магнітного поля.

Модуль цієї сили

$$F = qVB \sin \varphi,$$

де φ – кут між векторами V і B .

Прискорення частинки розраховується, виходячи зі співвідношення

$$\mathbf{F} = m \cdot \frac{d\mathbf{V}}{dt}.$$

Відомо, що супероксид O_2^- становить близько 95% негативно заряджених аероіонів з найбільшим часом життя, тому розрахунок швидкості дрейфу у магнітному полі виконаємо саме для нього. Вважаємо його однозарядним ($1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл), а масу розрахуємо зі співвідношень молекулярно-кінетичної теорії ($m = \frac{M}{N_A}$, де M – молярна маса; N_A – число Авагадра).

За швидкості спрямованого руху повітря у приміщенні 0,1 м/с та індукції магнітного поля 1 мкТл (цілком реальні умови для багатьох виробничих приміщень) прискорення аероіонів буде становити 0,3 м/с². При цьому позитивні аероіони рухатимуться у протилежний бік.

Таким чином, ми маємо суттєвий перерозподіл концентрацій аероіонів під впливом магнітного поля.

Розроблення загальної моделі такого перерозподілу, яка б дозволила отримати кількісні дані для прогнозування градієнтів концентрацій аероіонів обох знаків, досить проблематичне. Це пояснюється впливом на цей параметр багатьох факторів – спрямованої швидкості повітря, яка змінюється за рахунок його в'язкості, геометричних параметрів приміщення, однорідності магнітного поля тощо. У цій ситуації, на нашу думку, доцільним є проведення попередніх експериментальних досліджень у тестових приміщеннях з можливістю регулювання необхідних показників. Це надасть фактичний матеріал для подальших узагальнюючих робіт у цьому напрямі.

Висновки

1. Стаціонарні електричні та магнітні поля суттєво впливають на мікрокліматичні показники середовища будівель і споруд та окремих приміщень, що потребує розроблення комплексної системи нормалізації усіх фізичних факторів середовища.

2. Найбільш вагомим чинником впливу на аероіонізацію повітря і відносну вологість є електростатичні поля, що утворилися внаслідок електризації полімерних покриттів.

3. За наявності примусової вентиляції зі спрямованим рухом повітря стаціонарні магнітні поля (в тому числі і природне магнітне поле) спричиняють перерозподіл аероіонів різних знаків у приміщеннях зі значними градієнтами концентрацій.

4. При використанні зовнішнього атмосферного повітря для підтримання його мікрокліматичних показників слід враховувати добові зміни його складу.

5. Потребує розроблення цілісної схеми (програма) нормалізації фізичних факторів побутового та виробничого середовища з урахуванням їх взаємовпливу та пріоритетності у кожному конкретному випадку або у типових (подібних) умовах.

Список літератури

1. Чёрный К.А. Проблемы оценки и взаимосвязи аэрозольного загрязнения и аэроионного состава воздуха рабочей зоны: дис. ... докт. техн. наук: 05.26.01 / К.А. Чёрный. – С. – П., 2013. – 361 с.
2. Редин А.А. Математическое моделирование электродинамических процессов в приземном слое в условиях аэрозольного загрязнения атмосферы: автореф. дис. на соиск. уч. степени канд. физ.-мат. наук: спец. 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» / А.А. Редин. – Таганрог, 2011. – 19 с.
3. Jonassen N. Neutralization of Static Charges by Air Joins: Part 2, Experimental Results / N. Jonassen // Compliance Engineering. – 2002. – Vol. 19. – № 4. – P.22-27.
4. Nagato K. An analysis of evolution of negative ions produced by corona ionizer in air / K. Nagato // International Journal of Mass Spectrometry. – 2006. – Vol. 248. – P. 142-147.
5. 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.
6. Толкунов А.И. Теоретическое исследование процессов переноса аэроионов в потоках воздуха в помещениях специального назначения МЧС Украины / А.И. Толкунов, И.И. Попов, В.В. Барбашин // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2010. – Вип.11. – С.137 – 145.
7. Sydorov O. V. Technique of small air ions concentration measurements on workplace of computer operator / O. V. Sydorov // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 1. – С. 36 – 41.
8. Сукач С.В. Багатофакторна математична модель комфортного повітряного середовища навчальних приміщень / С.В. Сукач // Вісник Кременчуцького національний університет імені Михайла Остроградського. – 2014. – Вип.6. – С.65-70.
9. Fletcher L.A. Air ion behavior in ventilated rooms / L.A.Fletcher, C.J.Noakes, P.A.Sleigh et al. // Indoor and Built Environment. – 2008. – Vol.17. – № 2. – P.173 – 183.
10. Походзей Л.В. Гипогеомагнитные поля как неблагоприятный фактор производственной среды: дис. ... докт. мед. наук: 14.00.50 / Л.В. Походзей. – М., 2004. – 198 с.
11. Static Magnetic Fields: report of the independent Advisory Group on Non-ionizing Radiation: [Documents of the Health Protection Agency Radiation / Chairman: Prof. A.J. Swerdlow]. – Chemical and Environmental Hazards, – 2008. – 143 p.
12. Standard of Building Biology Biology Testing Methods: SBM (2008) – [acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 5p. (<http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf>).

Стаття надійшла до редколегії 10.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Д. Воробйов, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ.

Левченко Лариса Алексеевна

Кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації проектування енергетических процесів и систем, ORCID: 0000-002-7227-9472

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА АЭРОИОННЫЙ СОСТАВ ВОЗДУХА И МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ

Аннотация. Электромагнитные процессы существенно влияют на состояние атмосферного воздуха. Необходимо определить механизмы взаимовлияния электрических, магнитных полей и микроклиматических показателей воздуха зданий и сооружений. Наиболее весомым фактором влияния на аэроионизацию воздуха и относительную влажность являются электростатические поля, которые образовались в результате электризации полимерных покрытий. Выявлено, что в течение суток происходят значительные изменения концентраций аэроионов в воздухе. Предложена система уравнений, которая описывает изменение концентрации легких аэроионов под действием электростатического поля. Приведены данные по изменению концентраций легких отрицательных аэроионов в зависимости от расстояния до источника ионизации при относительной влажности 40, 60 и 70%. Анализ спектрального состава магнитных полей в помещениях различного назначения, а также в городском электрическом транспорте свидетельствует о наличии значительных уровней стационарных магнитных полей, которые могут существенно влиять на микроклиматические показатели воздуха через перераспределение концентраций аэроионов различных знаков. Необходимо разработать комплексную систему нормализации всех физических факторов среды, которая учитывает влияние стационарных электрических, магнитных полей на микроклиматические показатели среды зданий, сооружений, отдельных помещений.

Ключевые слова: электростатические поля; концентрация аэроионов; уровни электризации поверхностей; микроклиматические показатели; напряжённость

Levchenko Larysa

PhD in Economics, Associate Professor, Associate Professor of Department of Computer-Aided Design of Power Processes and Systems, ORCID: 0000-002-7227-9472

National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kiev

RESEARCH OF INFLUENCE OF STATIONARY ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS ON THE AIR IONS COMPOSITION OF AIR AND MICRO-CLIMATIC INDICATORS IN BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

Abstract. Feature of formation of the air ions composition of air is constant generation of ions throughout the volume under the influence of natural factors and their constant recombination. The most critical indicator of the impact on the air ions composition of air are electrostatic fields which are caused by the electrization of finishing materials premises (floor covering, wallpaper, synthetic, materials, furniture, etc.). The influence of electrization of surfaces and the concentration of ions is mutual. The system of equations was proposed which describes the change in the concentration of light air ions at a specified distance from the source of the electrostatic field. Data on changes in the concentration of light negative air ions depending on the distance to the source of ionization at a relative humidity of 40, 60 and 70% have been presented. Found that during the day and night there are significant changes in the concentrations of air ions in the air. Analysis of spectral magnetic fields in rooms of different function, as well as in urban electric transport showed the presence of significant levels of stationary magnetic fields that could significantly affect the micro-climatic indicators of air through redistribution concentrations of air ions of different signs. Thus, necessary to develop the complex system of normalization of all physical environmental factors, which is considers influence of stationary electric and magnetic fields on micro-climatic environment parameters buildings, structures and individual rooms.

Keywords: electrostatic fields; the concentration of air ions; levels of electrization of surfaces; micro-climatic parameters; tensions

References

1. Chernyj, K. (2013). Problems of evaluation and interconnection of aerosol pollution and air ion composition of air of working area // DSc Thesis: 05.26.01.
2. Redin, A. (2011). Mathematical modeling of electrodynamic processes in the surface layer under the conditions of the aerosol pollution of the atmosphere // PhD Thesis, Taganrog.
3. Jonassen, N. (2002). Neutralization of Static Charges by Air Joins: Part 2, Experimental Results Compliance Engineering, 19, № 4, 22-27.
4. Nagato, K. (2006). An analysis of evolution of negative ions produced by corona ionizer in air. International Journal of Mass Spectrometry: 248, 142-147.
5. Sydorov, O., Glyva, V. (2013). Effect of electrostatic fields on the concentration of light air ions in the workplace operator PC // Construction, materials science, mechanical engineering. Series: Health and Safety, 71, Vol. 2, 176 – 183.
6. Tolkunov, A., Popov, I., Barbashin, V. (2010). Theoretical study of the transport processes of air ions in the air flows in rooms Special Ministry of Emergency Situations. Problems of Emergencies: 11, 137 – 145.
7. Sydorov, O. (2014). Technique of small air ions concentration measurements on workplace of computer operator Sydorov. Mechanical engineering and Life Safety: 1, 36 – 41.
8. Sukach, S. (2014). Multifactor mathematical model of a comfortable air environment of educational facilities. Bulletin of Kremenchuk National University behalf of Mykhailo Ostrohradskyi: 6, 65 – 70.
9. Fletcher, L.A., Noakes, C.J., Sleigh, P.A. (2008). Air ion behavior in ventilated rooms. Indoor and Built Enviromen: 1, № 2, 173 – 183.
10. Pokhodzej, L. (2004). Hypogeomagnetic field as an unfavorable environment factors // DSc thesis, 198.
11. Static Magnetic Fields: report of the independent Advisory Group on Non-ionizing Radiation: (2008). [Documents of the Health Protection Agency Radiation / Chairman: Prof. A.J. Swerdlow]. Chemical and Environmental Hazards, 143.
12. Standard of Building Biology Biology Testing Methods: SBM (2008) – [acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 5. (<http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf>).

Посилання на публікацію

- APA Levchenko, L. (2015). Research of influence of stationary electric and magnetic fields on the air ions composition of air and micro-climatic indicators in buildings and constructions. Management of Development of Complex Systems, 23 (1), 153-158.
- ГОСТ Левченко Л.О. Дослідження впливу стаціонарних електричних та магнітних полів на аероіонний склад повітря та мікрокліматичні показники у будівлях і спорудах [Текст] / Л.О. Левченко // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 23 (1). – С. 153-158.