

УДК 697.922:628.852.2

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПОЛЯ ЯК ФАКТОР ВПЛИВУ НА ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ**С. В. Сукач**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: sergvs69@mail.ru**Л. О. Левченко**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: larlevch@ukr.net

Обґрунтовано необхідність розглядати разом, з урахуванням їх складної взаємної залежності, мікрокліматичні та електромагнітні параметри виробничого й побутового середовища. Отримано співвідношення, яке встановлює взаємозв'язок показників електростатичного поля, інших фізичних факторів середовища та комфортності виробничих умов. Установлено, що при зміні швидкості руху повітря внаслідок дії природної та штучної вентиляції стаціонарні магнітні поля спричиняють перерозподіл концентрацій аероіонів у повітрі з переважними полярностями в окремих частинах приміщень. Розглянуто та обґрунтовано доцільність планування вентиляції приміщень з урахуванням зміни аероіонного складу атмосферного повітря під впливом геофізичних факторів упродовж доби. Обґрунтовано перспективність визначення впливу електромагнітних полів промислової частоти на мікрокліматичні показники середовища перебування людей, а також необхідність розробки загальної схеми взаємного впливу фізичних факторів виробничого й побутового середовища з наданням їх кількісних значень.

Ключові слова: моделювання, вентиляційна система, електромагнітне поле, фізичні фактори середовища.**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ КАК ФАКТОР ВЛИЯНИЯ НА ПАРАМЕТРЫ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИЯХ****С. В. Сукач**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: sergvs69@rambler.ru**Л. А. Левченко**Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: larlevch@ukr.net

Обоснована необхідність спільного розгляду, з урахуванням їх складної взаємної залежності, мікрокліматических та електромагнітних параметрів виробничого та побутового середовища. Отримано співвідношення, яке встановлює взаємозв'язок показників електростатичного поля, інших фізичних факторів середовища та комфортності виробничих умов. Установлено, що при зміні швидкості руху повітря внаслідок дії природної та штучної вентиляції стаціонарні магнітні поля спричиняють перерозподіл концентрацій аероіонів у повітрі з переважними полярностями в окремих частинах приміщень. Розглянуто та обґрунтовано доцільність планування вентиляції приміщень з урахуванням зміни аероіонного складу атмосферного повітря під впливом геофізических факторів упродовж доби. Обґрунтовано перспективність визначення впливу електромагнітних полів промислової частоти на мікрокліматическі параметри середовища перебування людей, а також необхідність розробки загальної схеми взаємного впливу фізических факторів виробничого та побутового середовища з наданням їх кількісних значень.

Ключевые слова: моделювання, вентиляційна система, електромагнітне поле, фізическі фактори середовища.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Традиційно дослідження з електромагнітної безпеки та електромагнітної екології й роботи з нормалізації та оптимізації мікрокліматических показників виробничого та побутового середовища розвиваються як незалежні наукові напрями. Дані, отримані в останні роки, свідчать про істотний взаємний вплив електромагнітних та мікрокліматических факторів, принаймні в межах окремих приміщень і будівель, що потребує проведення ретельних експериментальних та теоретических досліджень у цій галузі.

Відомо, що концентрації аероіонів обох знаків є важливим показником якості повітря. З урахуванням наявності в іонів некомпенсованого заряду вони повинні взаємодіяти з електричним (електростатичним) полем, а в деяких випадках – і з магнітним. У першу чергу це проявляється на глобальному рівні –

в атмосфері [1]. Низка експериментальних досліджень довели суттєвий вплив електромагнітних полів на концентрації аероіонів у приміщеннях [2–4]. Визначення змін концентрацій аероіонів здійснювалося в основному за допомогою іонізаторів повітря з використанням коронних розрядів [5]. Це не завжди дає коректні результати через великі вихідні концентрації аероіонів та значні градієнти їх концентрацій.

Дослідження останніх років довели значний вплив електростатических полів на динаміку аероіонного складу повітря [6]. У роботі [7] показано вплив концентрацій аероіонів на коефіцієнти комфортності середовища та їх залежність від відносної вологості та температури повітря. Викликає інтерес додання до методики визначення коефіцієнтів комфортності значень електричних та магнітних полів у

приміщенні чи будівлі. Це вимагає доповнення існуючих моделей щодо динаміки аероіонного складу повітря [8] відповідними показниками. Для цього необхідно визначити критичні джерела електромагнітних полів та отримати кількісні дані щодо їх впливу на мікрокліматичні параметри.

Метою роботи є визначення впливу електромагнітних факторів на мікрокліматичні параметри через їх вплив на концентрації аероіонів у повітрі.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

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 в багатьох приміщеннях різного призначення, мають широкий діапазон – від 1–2 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 [4]:

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

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 з [6] $\mu^-=1,66 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, $\mu^+=1,19 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$; 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 в об'ємі 1 см^3 , що суміжний із досліджуваним з боку джерела електростатичного поля, см^{-3} ; n_{r+1}^- – концентрація легких негативних аероіонів в об'ємі 1 см^3 , що суміжний із досліджуваним з боку, протилежного джерелу електростатичного поля, см^{-3} .

У 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 досліджуваний 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 – від'ємних.

Система рівнянь (1) є загальним виразом, що описує зміну концентрації легких аероіонів під дією електростатичного поля, проте при розрахунку концентрацій на відстані 1 см вона матиме 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, у свою чергу, залежить від температури. Останнє давно відомо й 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, у свою чергу, залежать від мікрокліматичних показників:

$$T_{\kappa\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon} \frac{d\varepsilon}{dT}, \text{ К}^{-1}; \quad (3)$$

$$B_{\kappa\varepsilon} = \frac{1}{\varepsilon} \frac{d\varepsilon}{dP}, \text{ Па}^{-1}; \quad (4)$$

де $T_{\kappa\varepsilon}$ – температурний коефіцієнт діелектричної проникності; $B_{\kappa\varepsilon}$ – баричний коефіцієнт діелектричної проникності; ε – діелектрична проникність повітря; T – абсолютна температура; P – атмосферний тиск.

Проте ці залежності не критичні з точки зору охорони праці та екології приміщень. У той же час підвищення вологості спричиняє значне зростання питомої провідності повітря σ та зниження його діелектричної міцності (стійкості 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:

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

де P – втрати потужності на коронні розряди; δ – густина повітря; f – частота електроструму; r_0 – радіус окремого провідника; d – відстань між дротами; U – напруга у дроті; U_k – напруга виникнення коронного розряду, що обчислюється за виразом

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

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

З наведених співвідношень визначається напруженість електричного поля у стаціонарному режимі:

$$E = \frac{1}{2\pi R l \delta_a} \sqrt{\frac{P}{R_0}}, \quad (6)$$

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

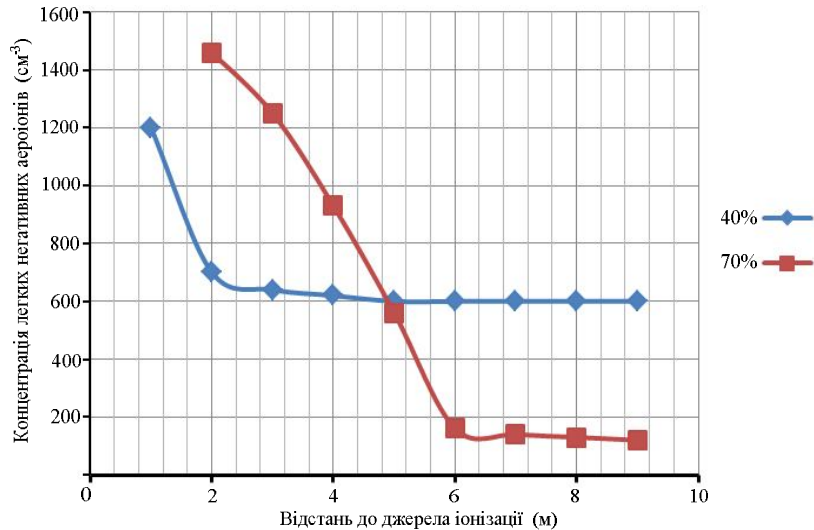


Рисунок 1 – Зміни концентрацій легких негативних аероіонів від відстані до джерела іонізації за відносних вологостей 40 та 70 %

Звичайно, наведений приклад має ілюстративний характер. У ньому фактично розглядається циліндричний конденсатор, однією обкладинкою якого є електричний дріт, втім аналогічна картина спостерігається й для плоскої 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: генеруючі іони одночасно генерують непередбачувану кількість озону (O_3) та сполук азоту (NO_x).

Ефект впливу електричного поля на аероіонний склад повітря проявляється й на глобальному рівні, тобто в атмосфері.

В останні роки фахівцями з електромагнітної безпеки та електромагнітної екології багато уваги приділяється впливу змін геомагнітного поля на здоров'я людей [9, 10]. Результатом досліджень було введення в дію міжнародного нормативу щодо допустимого зниження напруженості геомагнітного поля у виробничих та побутових умовах [11]. Проект аналогічного національного стандарту розроблено й в Україні. У 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 складає 200–250 кВ, як у великому сферичному конденсаторі. У середніх широтах, як в

Україні, напруженість електричного поля біля поверхні Землі складає приблизно 130 В/м, що істотно впливає на аероіонний склад повітря, а точніше – на зміни концентрацій аероіонів різних знаків протягом доби. Це з'ясовано в результаті проведення відповідних досліджень. Вимірювання виконувалися в замиській зоні, що виключало техногенний вплив на концентрації аероіонів (табл. 1).

Таблиця 1 – Зміна аероіонного складу повітря протягом дня

Час дня	$n^-, \text{см}^{-3}$	$n^+, \text{см}^{-3}$
$8^{00} - 8^{30}$	150	70
$15^{30} - 16^{00}$	120	0
$20^{00} - 20^{30}$	70	250
$22^{00} - 22^{30}$	110	3100

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 й 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 в атмосфері. При використанні 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 наявність значних рівнів стаціонарних магнітних полів (крім геомагнітної складової). Походження цих полів не є предметом даного дослідження, 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 вплива-

ють тільки на рухомі заряди, якими в нашому випадку є аероіони.

У загальному випадку

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{V} \times \mathbf{B}), \quad (7)$$

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 \mathbf{V} і \mathbf{B} .

У свою чергу авторами доведено залежність зміни концентрації аероіонів від мікрокліматичних параметрів повітряного середовища приміщень [7], де модель зв'язку швидкості руху повітря з коефіцієнтом комфортності, температурою, відносною вологістю та концентрацією аероіонів має вигляд

$$v = 0,32 \left\{ \pm \left[\begin{array}{l} -0,459896 - 0,00025\varphi - 0,0000125n^- + 0,0421875T \pm \\ \left[(0,459896 + 0,00025\varphi - 0,0000125n^- - 0,0421875T)^2 - \\ - 6,375(0,00763672T^2 + 0,00053125T\varphi - 0,346497T - \\ - 0,0333896\varphi - 0,000302188(n^-) + 9,375 \cdot 10^{-7}Tn^- + \\ + 0,0002115\varphi^2 + 3,5 \cdot 10^{-7}\varphi n^- + 3,375 \cdot 10^{-8}(n^-)^2 + K_\kappa + 4,22792 \right] \end{array} \right]^{1/2} \right\}, \quad (8)$$

де T – температура, °C; φ – відносна вологість повітря, %; v – швидкість руху повітря, м/с, n^- – концен-

трація легких негативних аероіонів, см^{-3} ; K_κ – коефіцієнт комфортності, в.о.

Тоді сила, що впливає на заряджену частинку:

$$F = q \left[B \times 0,32 \left\{ \pm \left[\begin{array}{l} -0,459896 - 0,00025\varphi - 0,0000125n^- + 0,0421875T \pm \\ \left[(0,459896 + 0,00025\varphi - 0,0000125n^- - 0,0421875T)^2 - \\ - 6,375(0,00763672T^2 + 0,00053125T\varphi - 0,346497T - \\ - 0,0333896\varphi - 0,000302188(n^-) + 9,375 \cdot 10^{-7}Tn^- + \\ + 0,0002115\varphi^2 + 3,5 \cdot 10^{-7}\varphi n^- + 3,375 \cdot 10^{-8}(n^-)^2 + K_\kappa + 4,22792 \right] \end{array} \right]^{1/2} \right\} \right]. \quad (9)$$

Наведене співвідношення свідчить про глибокий зв'язок усіх фізичних факторів середовища між собою та комфортністю виробничих умов.

Прискорення частинки розраховується, виходячи зі співвідношення

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

Відомо, що супероксид O_2^- становить близько 95 % негативно заряджених аероіонів з найбільшим часом життя, тому розрахунок швидкості дрейфу в 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 – число Авогадро).

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 складати 0,3 м/с². При цьому позитивні аероіони рухатимуться у протилежний бік.

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

Такий же ефект, причому непередбачуваний, може мати місце в умовах спотвореного геомагнітного поля. На сьогодні це особливо актуально з огляду на розвиток висотного будівництва. Відомо, що найбільший вплив на рівні зовнішніх постійних магнітних полів (у даному випадку геомагнітного поля) мають масивні феромагнітні конструкції. Це відповідає фундаментальному фізичному принципу спрямованості наведеного магнітного поля, яке спрямовано завжди у бік, протилежний силовим лініям напруженості магнітного поля, що його викликало (рис. 2).

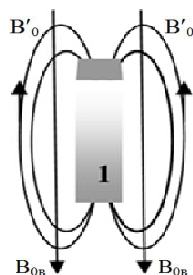


Рисунок 2 – Напрямок наведеного магнітного поля: 1 – феромагнітна конструкція вертикальної орієнтації; B_{0v} – вертикальна складова геомагнітного поля; B'_0 – наведене поле феромагнітної конструкції

При виконанні таких досліджень слід урахувати низку супутніх факторів, а саме:

- номенклатуру будівельних матеріалів, використаних при монтажі виробничої будівлі (загальні маси й просторові структури несучих сталевих конструкцій);
- орієнтацію будівлі відносно силових ліній геомагнітного поля, а у деяких випадках – і магнітне нахилення. Останнє обумовлюється наявністю вертикальної та горизонтальної складових геомагнітного поля;
- можливість підсилення рівня геомагнітного поля за певних взаємних орієнтацій будівельних конструкцій та обладнання.

Для визначення рівнів зниження геомагнітного поля доцільно використовувати коефіцієнт гіпогеомагнітності конструкції k , який визначає інтенсивність ослаблення геомагнітного поля металевою конструкцією [10].

Експериментальні дослідження рівнів геомагнітних полів виконувались за допомогою повіреного магнітометра МТМ-01.

Переважну більшість промислових будівель побудовано із залізобетонних конструкцій, екрануючі властивості яких відомі [12]. Найбільший ефект зниження рівня поля дають вертикальні арматурні конструкції (вертикальна складова природного геомагнітного поля на широті Києва складає приблизно 46,6 мкТл, а горизонтальна – 18,1 мкТл і модуль 50 мкТл).

Натурні вимірювання показали, що у приміщенні другого поверху промислової будівлі на висоті 1,5 м від підлоги геомагнітне поле біля капітальної стіни має індукцію 21–22 мкТл і лінійно зростає до 44 мкТл на відстані 5 м від стіни. На п'ятому поверсі показники 16–18 мкТл зростають до 32–34 мкТл. У місцях примикання вертикальної й горизонтальної конструкцій на відстані 1 м від кута підсилення природного поля складає 5–6 мкТл. Наведені дані є усередненими через досить значні аномалії геомагнітного поля навіть в одному районі міста.

У будівлях однакової конструкції, орієнтованих у напрямку північ–південь, коефіцієнт k приблизно на 20 % більший, ніж для аналогічної будівлі, орієнтованої у напрямку схід–захід. Це обумовлено загальною довжиною феромагнітних елементів будівельних конструкцій (за умови їх суцільності). Вихо-

дячи з цього, можна констатувати, що такі залізобетонні конструкції є найбільш несприятливими щодо рівнів геомагнітного поля. При цьому значний вплив на результуюче магнітне поле у приміщеннях мають процеси намагнічування та розмагнічування металевої конструкції під впливом зовнішнього постійного магнітного поля.

Розглянемо ці процеси у вертикальній феромагнітній колоні (рис. 3).

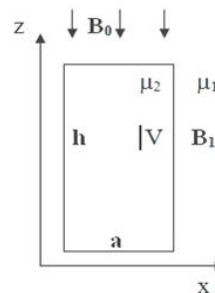


Рисунок 3 – До розрахунку рівня магнітного поля поблизу феромагнітної опорної конструкції:

B_0 – індукція зовнішнього магнітного поля;
 B_1 – індукція спотвореного магнітного поля

Вважаючи форму вертикальної несучої сталеві конструкції циліндричною, діаметром a та висотою h , розрахуємо ослаблення геомагнітного поля поблизу цієї колони.

Вважаємо, що відносна магнітна проникність $\mu_1=1$. Значення μ_2 для конструкційних сталей – 100–200.

Виходячи з викладеного вище,

$$B_1 = B_0 + B_i,$$

де B_i – індукція магнітного поля, яка виникла за рахунок наведеної намагніченості конструкції.

У будь-якій точці за її межами виконується умова $0 < B_1 < B_0$.

Коефіцієнт гіпогеомагнітності поля K визначається як

$$K = \frac{B_1}{B_0} = \frac{B_1 - B_i}{B_0},$$

де $0 < K < 1$.

Тобто рівень ослаблення геомагнітного поля у будь-якій точці за межами колони є суперпозицією полів B_0 і B_1 та залежить від поля значення B_i , вектор якого завжди спрямований протилежно B_0 . Значення B_i є функціональною залежністю

$$B_i = f(B_0, V, N, \mu_2), \quad (10)$$

де V – об'єм колони; N – коефіцієнт розмагнічування колони; μ_2 – магнітна проникність конструкційної сталі.

Відомо, що коефіцієнт розмагнічування феромагнітної циліндричної конструкції залежить від співвідношення h/a та нелінійно змінюється від 0,3 до 0,0003 за зміни h/a від 1 до 100 [10].

Збільшення співвідношення h/a веде до збільшення об'єму V , що має наслідком зниження рівня геомагнітного поля. Одночасно зі збільшенням h/a нелінійно знижується значення коефіцієнта розмагнічування

N , що зменшує ослаблення геомагнітного поля. Вплив цих двох протилежних процесів обумовлює наявність екстремума за визначеного значення h/a .

Розрахунки показали, що за умови $\mu_2 = 100$, $B_0 = 46,6$ мкТл найбільш вагоме зниження рівня геомагнітного поля на лінії, перпендикулярній середині колони, відбувається за співвідношення $h/a = 10-16$. А значення вертикальної складової геомагнітного поля перебуває в межах 14–18 мкТл, що значно нижче за рівень, регламентований у проекті відповідного нормативу України та міжнародному стандарті [11] для восьмигодинного робочого дня. Наведені результати підтверджені методом натурного моделювання [13].

Розгляд тільки одного фактора, який знижує рівень геомагнітного поля до критичного, свідчить про необхідність визначення такого впливу з боку комплексу факторів – масивного металевого обладнання: верстатів, турбогенераторів, індукційних печей та майданчиків з їх обслуговування (зазвичай сталевих). Останні потребують приладних обстежень через їх великі площі та можливості впливу на електромагнітну обстановку за рахунок інших фізичних механізмів. Існує думка, що намагніченість металоконструкцій може компенсувати зниження рівня геомагнітного поля.

Проте це не зовсім коректно, що впливає з фундаментального принципу суперпозиції магнітних полів. Частково такий ефект має місце за умови генерації технічними засобами статичних магнітних полів. Але здебільшого такі поля мають вищу напруженість і локалізовані у просторі, тобто є неоднорідними на відміну від геомагнітного поля.

Таким чином, перерозподіл рівнів інших фізичних факторів під впливом таких полів непередбачуваний і повинен розглядатися у кожному окремому випадку.

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. Мікрокліматичні параметри виробничого й побутового середовища та електромагнітну обстановку слід розглядати разом, з урахуванням їх складної взаємної залежності.

2. Найвагомим фактором впливу на мікрокліматичні показники є електростатичні поля, що утворюються за рахунок електризації поверхонь. При цьому їх вплив має як позитивний характер (осідання дрібнодисперсного пилу на ці поверхні), так і негативний (деіонізація повітря).

3. За умови наявності спрямованого руху повітря внаслідок дії природної та штучної вентиляції стаціонарні магнітні поля спричинять перерозподіл кон-

центрацій аероіонів у повітрі з переважними полярностями в окремих частинах приміщень.

4. Організацію природного та штучного повітрообміну доцільно планувати з урахуванням геофізичного фактора – зміною аероіонного складу атмосферного повітря під впливом електричного поля Землі упродовж доби.

5. Перспективним уявляється визначення впливу квазістаціонарних електромагнітних полів (наприклад, промислової частоти) на мікрокліматичні показники середовища перебування людей та розроблення загальної схеми взаємних впливів фізичних факторів середовища з наданням їх кількісних значень.

ЛІТЕРАТУРА

1. 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». – Таганрог, 2011. – 19 с.
2. Jonassen N. Neutralization of Static Charges by Air Joins: Part 2, Experimental Results // Compliance Engineering. – 2002. – Iss. 19 (4). – PP. 22–27.
3. Nagato K. An analysis of evolution of negative ions produced by corona ionizer in air // International Journal of Mass Spectrometry. – 2006. – Iss. 248. – PP. 142–147.
4. Сидоров О.В., Глива В.А. Вплив електростатичних полів на концентрації легких аероіонів на робочому місці оператора ПЕОМ // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия «Безопасность жизнедеятельности». – 2013. – Вып. 71. – Т. 2. – С. 176–183.
5. 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. – Вып. 11. – С. 137–145.
6. Sydorov O.V. Technique of small air ions concentration measurements on workplace of computer operator // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – Вып. 1. – С. 36–41.
7. Сукач С.В. Багатофакторна математична модель комфортного повітряного середовища навчальних приміщень // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2014. – Вып. 6. – С. 65–70.
8. Air ion behavior in ventilated rooms / L.A. Fletcher, C.J. Noakes, P.A. Sleigh et al. // Indoor and Built Environment. – 2008. – Iss. 17 (2). – PP. 173–183.
9. Static Magnetic Fields: report of the independent Advisory Group on Non-ionizing Radiation. Documents of the Health Protection Agency Radiation // Chemical and Environmental Hazards. – 2008. – 143 p.
10. Исследование явления ослабления статистического геомагнитного поля стальной колонной // В.Ю. Розов, С.Ю. Реуцкий, С.В. Левина // Техн. электродинамика. – 2014. – Вып. 1. – С. 12–19.

11. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM, acting from July 2008. – Germany: Institut für Baubiologie+Ökologie IBN, 2008. – 5 p. – Available at: <http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf>.

12. Глива В.А. Моніторинг та нормалізація фізичних факторів виробничого середовища при експлу-

атації автоматизованих систем: дис. докт. техн. наук: 05.26.21. – Київ, 2012. – 320 с.

13. Запорожець О.І., Клапченко В.І., Левченко Л.О., Панова О.В. Сучасні підходи до моделювання просторових змін геомагнітного поля у будівлях та спорудах // Управління розвитком складних систем. – 2015. – Вип. 21. – С. 162–167.

ELECTROMAGNETIC FIELDS AS A FACTOR OF INFLUENCE ON THE PARAMETERS OF THE MICROCLIMATE IN THE PREMISES

S. Sukach

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University
vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: sergvs69@mail.ru

L. O. Levchenko

National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”
prosp. Peremohy, 37, Kyiv, Ukraine, 03056. E-mail: larlevch@ukr.net

There is justified necessity to consider together, given their complex mutual relation, micro-climatic and electromagnetic parameters of industrial and domestic environment. The correlation is received that establishes the relationship between the indicators of the electrostatic field, other physical factors of the environment and the comfort of the working environment. It is found that in case of variation of velocity of air movement due to natural and artificial ventilation, stationary magnetic field will cause a redistribution of the concentrations of the ions in the air with the predominant polarities in separate parts of the premises. There is considered appropriateness to plan ventilation taking into account the changes aeroionic composition of atmospheric air under the influence of geophysical factors during the day. There is determined perspectivity of the effects of electromagnetic fields of industrial frequency on the microclimate environment parameters of human presence, as well as the need to develop a common scheme of mutual influence of physical factors of production and consumer protection the provision of quantitative values.

Key words: modeling, ventilation system, electromagnetic field, physical factors pollution.

REFERENCES

1. Redin, A.A. (2011), "Mathematical modeling of electrodynamic processes in the surface layer under the conditions of the aerosol pollution of the atmosphere", *Thesis for the Ouch. PhD degree. Sci. Sciences: spec. 05.13.18 "Mathematical modeling-set, numerical methods and complexes of programs"*, Taganrog. (in Russian)

2. Jonassen, N. (2002), "Neutralization of Static Charges by Air Joins. Experimental Results", *Compliance Engineering*, Vol. 19, no. 4, pp. 22–27.

3. Nagato, K. (2006), "An analysis of evolution of negative ions produced by corona ionizer in air", *International Journal of Mass Spectrometry*, Vol. 248, pp. 142–147.

4. Sidorov, O.V. and Gliva, V.A. (2013), "Influence of electrostatic fields on the concentration of light ions in the workplace operator PC", *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie. Seriya "Bezpeka zhiznedejatelnosti"*, Vol. 71, no. 2, pp. 176–183. (in Ukrainian)

5. Tolkunov, A.I., Popov, I.I. and Barbashin, V.V. (2010), "Theoretical study of protransport processes of ions in the air flow in the onpremises, Special Emergencies Ministry of Ukraine", *Problemy nadzvychaynykh sytuatsiy*, Vol. 11, pp. 137–145. (in Russian)

6. Sydorov, O.V. (2014), "Technique of small air ions concentration measurements on workplace of computer operator", *Mashinostroyeniye i bezopasnost zhiznedejatelnosti*, Vol. 1, pp. 36–41. (in Russian)

7. Sukach, S.V. (2014), "Multivariate mathematical model of a comfortable air environment classrooms", *Visnik Kremenchutskogo natsionalnogo universitetu imeni Mihayla Ostrogradskoho*, Vol. 6, pp. 65–70. (in Ukrainian)

8. Fletcher, L.A., Noakes, C.J., Sleigh, P.A. et al. (2008), "Air ion behavior in ventilated rooms", *Indoor and Built Environment*, Vol. 17, no. 2, pp. 173–183.

9. "Static Magnetic Fields: report of the independent Advisory Group on Non-ionizing Radiation: Documents of the Health Protection Agency Radiation" (2008), *Chemical and Environmental Hazards*, 143 p.

10. Rozov, V.Ju., Reutskiy, S.Ju. and Levina, S.V. (2014), "Investigation of the statistical magnetic field weakening steel columns", *Tekhnichna elektrodinamika*, Vol. 1, pp. 12–19. (in Russian)

11. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM (2008), Institut für Baubiologie +Ökologie IBN, Germany, available at: <http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf>.

12. Gliva, V.A. (2012), *Monitoring ta normalizatsiya fizichnih faktoriv virobничого sereдовисcha pri ekspluatatsii avtomatizovanih sistem* [Monitoring and normalization physical environment factors in the operation of automated systems]. *Dis. Doctor. tehn. Sciences: 05.26.21*, Kiiv. (in Ukrainian)

13. Zaporozhets, AI, Klapchenko, V.I., Levchenko, L.O. and Panova, O.V. (2015), "Modern approaches to modeling spatial changes in the geomagnetic field in buildings and structures", *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system*, Vol. 21, pp. 162–167. (in Ukrainian)

Стаття надійшла 11.07.2015.