

О. І. Запорожець, д-р техн. наук, проф. (НАУ);
О. В. Панова (КНУБА);
Г. Д. Потапенко, д-р ф-м наук (КНУБА);
Х. В. Паньків («Львівська політехніка»)

СПОТВОРЕННЯ ГЕОМАГНІТНОГО ПОЛЯ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ ЯК ПРОБЛЕМА ОХОРОНА ПРАЦІ

У роботі досліджується зниження рівня геомагнітного поля у будівлях. Для цілей прогнозування аномалій геомагнітного поля у будівлях на стадії проектування та будівництва доцільне використання моделювання просторових розподілів магнітних полів у приміщеннях.

Ключові слова: геомагнітне поле, напруженість, індукція, коефіцієнт ослаблення, моделювання, екранування, ослаблення.

В работе исследуется снижение уровня геомагнитного поля в зданиях. Для целей прогнозирования аномалий геомагнитного поля в зданиях на стадии проектирования и строительства целесообразно использование моделирования пространственных распределений магнитных полей в помещениях.

Ключевые слова: геомагнитное поля, напряжённость, индукция, коэффициент ослабления, моделирование, экранирование, ослабление.

In this paper the reduction of the geomagnetic field in the buildings. For forecasting anomalies of the geomagnetic field in the buildings at the design stage and construction is reasonable to use the simulation of spatial distribution of magnetic fields on the premises.

Keywords: geomagnetic field, intensity, induction, attenuation coefficient, modeling, shielding, attenuation.

Вступ. Останніми роками значна увага приділяється дослідженням спотворень геомагнітного поля у будівлях і спорудах, яке є невід'ємною складовою електромагнітної обстановки у приміщеннях. Знижений рівень геомагнітного поля (гіпогеомагнітного поля) є антропогенним фактором поряд із електромагнітними полями і випромінюваннями штучного походження і має негативний вплив зниженого геомагнітного поля на стан здоров'я людей підтверджено низкою гігієнічних і біологічних досліджень [1–3]. Наслідком цього було прийняття міжнародного нормативного акта щодо припустимих рівнів геомагнітного поля у будівлях різного призначення [4], який забороняє зниження магнітного поля у будівлі

більше ніж удвічі. В Україні розроблено проект санітарних норм щодо цього питання, їх вимоги наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

***Припустимий рівень ослаблення геомагнітного поля
у проекті санітарних норм України***

Нормативний документ	Допустимий рівень магнітної індукції у приміщеннях, не менше	Умови використання
Проект державних санітарних норм і правил «Захист населення від впливу електромагнітних випромінювань», розділ 4 «Тимчасові гігієнічні нормативи та вимоги до стану геомагнітного поля в приміщеннях»	30 мкТл	Без обмеження часу
	25 мкТл	Не більше 8 годин на добу
	15 мкТл	Не більше 2 годин на добу

Більшість досліджень і документів стосуються безпеки життєдіяльності людини і не орієнтовані на захист людей у виробничих умовах. Водночас, найбільші спотворення геомагнітного поля відбуваються саме у виробничих будівлях, про що свідчать поодинокі дослідження з цієї проблематики [5].

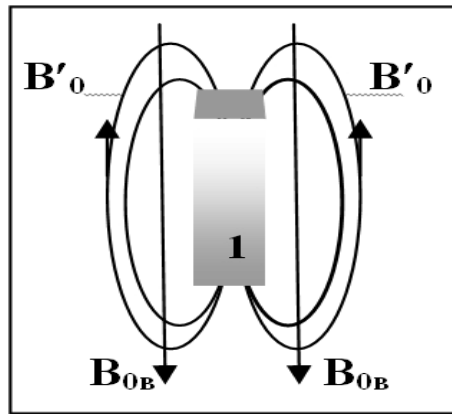
Системних досліджень щодо зниження рівнів геомагнітного поля у виробничих умовах не виконувалось, що впливає з аналізу наявної наукової літератури щодо цього питання.

Відомо, що найбільший вплив на рівні зовнішніх постійних полів мають масивні феромагнітні конструкції. Це відповідає фундаментальним фізичним принципам спрямованості індукованого магнітного поля, яке спрямоване завжди у бік, протилежний силовим лініям напруженості магнітного поля, що його викликало (рис. 1).

Такі умови притаманні промисловим підприємствам, на яких використовується масивне обладнання, виготовлене з феромагнітних матеріалів (енергетична галузь, підприємства гірничо-металургійного комплексу), та замкненими металевими конструкціями (аерокосмічна галузь).

В останній проблема загострюється віддаленістю цих об'єктів від поверхні Землі, достатньою для відчутного природного зниження рівня геомагнітного поля. Системних досліджень з цієї проблематики не виконувалось.

Метою роботи є дослідження рівнів спотворень геомагнітних полів у виробничих умовах та визначення напрямів робіт щодо зниження їх впливу на працюючих.



**Рис. 1. Напрямок індукованого магнітного поля Землі:
1 – феромагнітна конструкція вертикальної орієнтації; $B_{0в}$ – вертикальна складова
геомагнітного поля; B'_0 – індуковане поле феромагнітної конструкції**

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

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

Для визначення рівнів зниження геомагнітного поля доцільно використовувати коефіцієнт ослаблення K , який визначає інтенсивність зниження напруженості геомагнітного поля металевою конструкцією [6].

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

Переважає більшість промислових споруд побудовано із залізобетонних конструкцій, екрануючі властивості яких відомі [7]. Найбільший ефект зниження рівня поля дають міжповерхові перекриття (вертикальна складова природного геомагнітного поля на широті Києва становить близько 46,6 мкТл, а горизонтальна – 18,1 мкТл і модуль 50 мкТл).

Наприклад, 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 метрів від стіни. П'ятому поверху відповідають показники 16...18 мкТл – 32...34 мкТл. У місцях примикання вертикальної та горизонтальної конструкції на відстані 1 м від кута підсилення природного поля становить 5...6 мкТл.

Наведені дані є усередненими через досить значні аномалії геомагнітного поля навіть у 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). Виходячи 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 металевих конструкцій під впливом зовнішнього постійного магнітного поля.

Розглянемо ці процеси у вертикальній феромагнітній колоні (рис. 2).

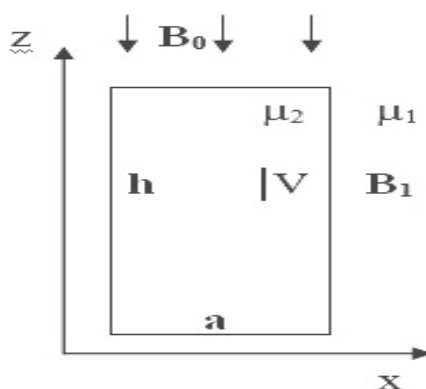


Рис. 2. До розрахунку рівня магнітного поля поблизу феромагнітної опорної конструкції:

B_0 – індукція зовнішнього магнітного поля;

B_1 – індукція створеного магнітного поля

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

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

Виходячи з вищевикладеного:

$$B_1 = B_0 + B_i,$$

де B_i – індукція магнітного поля, яке виникло за рахунок індуктивної намагніченості конструкції. У будь-якій точці за її межами виконується умова $0 < B_1 < B_0$.

Коефіцієнт ослаблення гіпогеомагнітного поля K визначається як:

$$K = \frac{B_1}{B_0} = \frac{B_0 - B_i}{B_0}, \quad 0 < K < 1,$$

тобто рівень ослаблення геомагнітного поля у будь-якій точці за межами колони є суперпозицією полів B_0 та B_1 і залежить від значення B_i , вектор

якого завжди спрямований протилежно B_0 . Значення B_i є функціональною залежністю:

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

де V – об'єм колони,

N – коефіцієнт розмагнічування колони.

Індукована намагніченість, крім B_0 , залежить від магнітних характеристик матеріалу μ_2 , коефіцієнта розмагнічування N та об'єму V .

Відомо, що коефіцієнт розмагнічування феромагнітної циліндричної конструкції залежить від співвідношення h/a та нелінійно змінюється від 0,3 до 0,0003 при зміні h/a від 1 до 100 [8].

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 при співвідношенні $h/a = 10 \dots 16$. А значення вертикальної складової геомагнітного поля знаходиться у межах 14...18 мкТл, що значно нижче за рівень, регламентований у проекті відповідного нормативу України (табл. 1) та міжнародному стандарті [4] для 8-годинного робочого дня.

Розгляд тільки одного фактора, який знижує рівень геомагнітного поля до критичного рівня, свідчить про необхідність визначення такого впливу щодо цілого ряду чинників, а саме – масивного металевих обладнання: верстатів, турбогенераторів, металургійного обладнання тощо. Існує думка, що зниження рівня геомагнітного поля певним чином компенсується магнітними полями, генерованими технологічними обладнаннями.

Втім, таке уявлення хибне. Це впливає з фундаментального принципу суперпозиції магнітних полів. Певним чином такий ефект може мати місце за умови генерації технічними засобами статичних магнітних полів [9]. Але, зазвичай, поля такого обладнання мають набагато вищу напруженість, а також спрямованість, відмінна від напрямку складових геомагнітного поля, і у виробничих умовах компенсуються методами активного екранування [9].

Цей метод полягає у генеруванні зустрічного магнітного поля додатковими джерелами. Щодо змінних магнітних полів, то вони жодним чином не взаємодіють зі статичними полями і тільки погіршують електромагнітну обстановку.

На нашу думку, в окремих випадках слід розглядати вплив потужного електричного обладнання на рівень постійного магнітного поля. Це пояснюється тим, що у значній кількості технічних засобів (наприклад, електричний транспорт, персональний комп'ютер), використовується постійний електричний струм, який є джерелом постійного магнітного поля.

Значний інтерес в умовах феромагнітного оточення становлять суцільні горизонтальні металеві площини, такі як майданчики обслуговування турбогенераторів. Їхній вплив на рівні геомагнітного поля може бути неоднозначним. З одного боку вони екранують геомагнітне поле, з іншого – можуть підсилювати постійну складову магнітного поля обладнання, в тому числі і за рахунок явища віддзеркалювання [7].

Такі ефекти потребують приладних обстежень через їх непередбачуваність та можливості впливу на електромагнітну обстановку за рахунок інших фізичних механізмів і є перспективним напрямом подальших досліджень.

Висновки

1. Спотворення геомагнітного поля у виробничих умовах є вагомим фактором негативного впливу на здоров'я працюючих.

2. Головною причиною зниження рівнів геомагнітного поля до критичних значень є масивні феромагнітні конструкції.

3. Визначення можливих небажаних змін геомагнітного поля у виробничих умовах із використанням розрахункових методів та моделювання відповідних процесів повинне передувати монтажу металоконструкцій та масивного металевого обладнання.

4. Потребують досліджень спотворення геомагнітного поля широко використовуваним технологічним обладнанням та його металевим оточенням при їх різних орієнтаціях щодо силових ліній геомагнітного поля.

5. Доцільним є наукове обґрунтування та розроблення комплексу заходів зі зниження негативних впливів спотвореного геомагнітного поля на працюючих.

Список літератури

1. Походзей Л. В. Гипогеомагнитные поля как неблагоприятный фактор производственной среды : дис. на соискание учёной степени докт. мед. наук : спец. 14.00.50 – Медицина труда / Л. В. Походзей. – М. : ГУ НИИ медицины труда РосАМН. – 2004. – 198 с.

2. 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.

3. Назаренко В. І. Гігієнічна оцінка рівнів геомагнітного поля на наземних і підземних промислових об'єктах м. Києва / В. І. Назаренко, О. І. Никифорок // Гігієна населених місць. – 2013. – № 61. – С. 218–222.

4. Standard of Building Biology Biology Testing Methods : SBM (2008) – [acting from July 2008]. – Germany : Institut für Baubiologie +ÖKologie IBN. – 5 p. (<http://www.createhealthyhomes.com/SBM-2008.pdf>).

5. Сердюк А. М. Екологічна значущість геомагнітного поля та медико-біологічні передумови гігієнічної регламентації його ослаблення в умовах

України / А. М. Сердюк, П. Є Григор'єв, В. Я. Акіменко, С. В. Протас // Довкілля і здоров'я. – 2010. – № 3. – С. 8–11.

6. Розов В. Ю. Исследование явления ослабления статического геомагнитного поля стальной колонной // В. Ю. Розов, С. Ю. Реуцкий, С. В. Левина // Технічна електродинаміка. – 2014. – № 1. – С. 12–19.

7. Панова О. В. Захист працюючих від впливу електромагнітних полів екрануванням: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.26.01 / Панова Олена Василівна. – К., 2014. – 151 с.

8. Яновский Б. А. Земной магнетизм / Б. А. Яновский. – М. : Наука, 1978. – 580 с.

9. Гетьман А. В. Пространственный гармонический анализ магнитного поля технических объектов : дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.09.05 / Гетьман Александр Владимирович. – Х., 2003. – 153 с.

Дата подання статті до збірника – 05.08.2014 р.