

Results. It is set that total equivalent sound-level, that affects man in a daily daypart, 78,3 dBA equals. A deposit of underground passage here is 39,8 way(daily time) of life – 18,4 productions 41,8.

Conclusions. Acoustic loading that a population gets in underground passage (approximately after 0,5 hour), more loading that a man gets for a day in the conditions of way of life and approximately equals loading for the terms of noisy production. At making decision on the decline of the total acoustic loading of population, and also in researches, on determination of influence of noise on a health(determination of dependence a "dose is an effect"), it is necessarily needed to take into account the deposit of a transport component (underground passage).

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБСТАНОВКИ У ПРИМІЩЕННЯХ МЕТОДОМ МОДЕЛЮВАННЯ

Левченко Л.О.

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

На сьогоднішній день проблематика захисту населення і працюючих від впливу електромагнітних полів широкого спектра частот і амплітуд є однією з актуальніших. Це обумовлено низкою причин: збільшення кількості електрообладнання у житлових приміщеннях, підвищення потужностей технологічного обладнання у виробничих умовах та зростання електромагнітного навантаження на довкілля з боку радіотехнічних об'єктів різного призначення.

Зниження впливу на людей цього фізичного фактора за рахунок зменшення кількості джерел електромагнітних полів та зниження їх потужностей не уявляється можливим через широке використання сучасного електричного та електронного обладнання як у побуті, так і на виробництві.

Виходячи з цього, основним напрямом зниження негативного впливу на людей електромагнітних полів та випромінювань є розроблення інженерно-технічних і санітарно-гігієнічних заходів з захисту населення і працюючих від їх впливу.

Як в Україні, так і за кордоном виконуються дослідження та прикладні розробки щодо вирішення цих задач [1-3]. Втім актуальною залишається задача попереднього визначення можливості зниження рівнів електромагнітних полів у приміщеннях до нормативних за наявної або потрібної кількості технічних засобів. При цьому згідно [4] електромагнітні поля бажано знижати до техні-

чно досяжних рівнів, що потребує проведення додаткових досліджень.

Дієвим засобом визначення електромагнітної обстановки у приміщеннях є її математичне моделювання в залежності від кількості технічних засобів, що дає можливість прогнозувати рівні електромагнітних полів та їх динаміку і залежності від потужності обладнання, електронавантаження тощо.

Виконані на сьогоднішній день дослідження стосуються моделювання просторового розподілу електромагнітних полів джерел високої напруги [5], електромагнітних полів у приміщеннях з фіксованою кількістю персональних комп'ютерів та допоміжних пристроїв [6] у одній площині, яка у останньому випадку відповідає площині перебування персоналу і не враховує вплив цих полів на електромагнітну обстановку у суміжних приміщеннях.

Використання сучасних програмних засобів для моделювання електромагнітних полів промислової частоти дозволило отримати моделі, які добре збігаються з натурними вимірюваннями, але вони також стосуються джерел високої напруги. Розрахунки для відкритого простору методом кінцевих елементів потребують штучного обмеження розрахункової області та надання додаткових граничних умов. Ґрунтовне дослідження [7] стосується, в основному, високочастотних джерел, якими є радіопередавальні пристрої, локаторне обладнання тощо.

Прогнозування електромагнітної обстановки у приміщеннях потребує отримання тривимірних моделей які враховують закономірності формування та поширення електромагнітних полів різних джерел, що потребує їх попереднього аналізу та розроблення методології реалізації такого моделювання.

Метою роботи є формування методологічного підходу до моделювання та прогнозування електромагнітної обстановки у приміщеннях з джерелами електромагнітних полів різного походження і різними закономірностями поширення, а також унаочнення отриманих моделей.

У більшості побутових та виробничих приміщень інтегральне електромагнітне поле формується з електромагнітних полів та випромінювань різного походження, що обумовлене конструктивними особливостями технічних засобів, як присутніх у приміщеннях, так і тих, що перебувають за їх межами, але створюють електромагнітні поля гігієнічно значущих рівнів. При цьому формальне використання принципу суперпозиції полів

не завжди можливе і доцільне через різні значення гранично допустимих рівнів електромагнітних полів різних частот та різні одиниці їх вимірювання. Так низькочастотні поля характеризуються напруженостями електричної складової (Е, В/м), магнітної складової (Н, А/м) та індукцією магнітного поля (В, Тл) коли на рівні магнітного поля впливає середовище, крізь яке поле поширюється. В основному це стосується металевих конструкцій з феромагнітних матеріалів. Високочастотні випромінювання характеризуються густиною потоку енергії (Вт/м²). Їх джерелами, в основному, є зовнішні чинники, але останнім часом набули розвитку бездротові інформаційні мережі, у яких випромінювачі перебувають усередині будівель.

Особливостями низькочастотних джерел є те, що генеровані ними електромагнітні поля мають різні закономірності згасання з відстанню.

Для лінійних джерел поля, якими є повітряні та кабельні лінії електропередавання

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0 r} \quad (\text{В/м}), \quad B = \frac{\mu\mu_0 I_{\text{еф}}}{2\pi r} \quad (\text{Тл}),$$

де, Е – напруженість електричної складової електромагнітного поля,

В – індукція магнітної складової,

τ – лінійна густина заряду у дроті,

$I_{\text{еф}} = \frac{I}{\sqrt{2}}$,
 $I_{\text{еф}}$ – ефективне значення змінного електричного струму (
 r – відстань від фазного дроту,

ϵ_0, μ_0 – електрична і магнітна сталі,

ϵ, μ – діелектрична і магнітна проникненість середовища (для повітря $\epsilon=\mu=1$).

Для зовнішніх джерел необхідне врахування згасання поля у будівельних конструкціях (методика врахування згасання існує).

Враховуючи повне блокування електричної складової електромагнітного поля ме-

талом (оплітка кабелів, металеві рукава тощо) та взаємозв'язок електричної та магнітної складових, доцільно розглянути магнітну складову. За необхідності електрична складова визначається з фундаментальною співвідношення

$$\epsilon\epsilon_0 E^2 = \mu\mu_0 H^2, \quad B = \mu\mu_0 H, \quad B = E\sqrt{\epsilon\epsilon_0\mu\mu_0}.$$

Параметри поля лінійного провідника кінцевих прозмірів, що характерно для приміщень, визначаються як:

$$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_{\text{еф}}}{r} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2),$$

де, φ_1, φ_2 – кути між провідником та напрямками від кінців сегменту до точки визначення рівня магнітного поля.

За умови огинання провідника зі струмом периметра приміщення

$$B = \frac{2\mu\mu_0}{\pi} \cdot \frac{I_{\text{еф}} \sqrt{a^2 + b^2}}{ab},$$

де, a, b – довжина та ширина приміщення.

Розрахунки показали, що незбалансований струм 3 А, джерелом якого є імпульсні блоки живлення комп'ютерної техніки, у приміщенні розмірами 5×6 м дає в центрі магнітне поле індукцією 600 нТл (ГДР-250 нТл).

Магнітні поля більшості сучасних технічних засобів масового використання (персональні комп'ютери, джерела безпере-

бійного живлення тощо) є полями дипольного типу, тобто зниження їх рівнів з відстанню відповідає зворотній кубічній залежності.

Вихідні дані для моделювання просторового розподілу електромагнітних полів розраховуються, виходячи зі значення вектор-потенціалу поля магнітного диполя А:

$$B = \text{rot}A. \quad (1)$$

Якщо вектор магнітного моменту m збігається з додатнім напрямком осі Z ортогональної системи координат, то для визна-

чення вектор-потенціалу у будь-якій точці (X, Y, Z) необхідно врахувати, що

$$r^2 = x^2 + z^2,$$

де, r – відстань до точки визначення значення магнітного поля, а

$$\sin \theta = \frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{r},$$

де, θ – кут між віссю Z і напрямком r .

Модуль A у цій точці дорівнює

$$A = \frac{m \sin \theta}{r^2} = \frac{m \sqrt{x^2 + y^2}}{r^2}.$$

У площині XZ згідно (1)

$$B_x = (\nabla \times A)_x,$$

$$B_y = (\nabla \times A)_y,$$

$$B_z = (\nabla \times A)_z,$$

де, ∇ – оператор Гамільтона $\left(\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k} \right)$, звідки

$$B_x = \frac{3m \sin \theta \cdot \cos \theta}{r^3},$$

$$B_z = \frac{m(3 \cos^2 \theta - 1)}{r^3}.$$

Для отримання моделі просторового розподілу магнітних полів від багатьох джерел у середовищі Turbo Delfi було розроблене спеціальне програмне забезпечення. Управління базою даних здійснювалося з ви-

користанням Microsoft SQLServer5. Це дозволило отримати своєрідну мапу розподілу рівнів магнітних полів багатьох джерел. Її горизонтальну проекцію наведено на рис. 1.

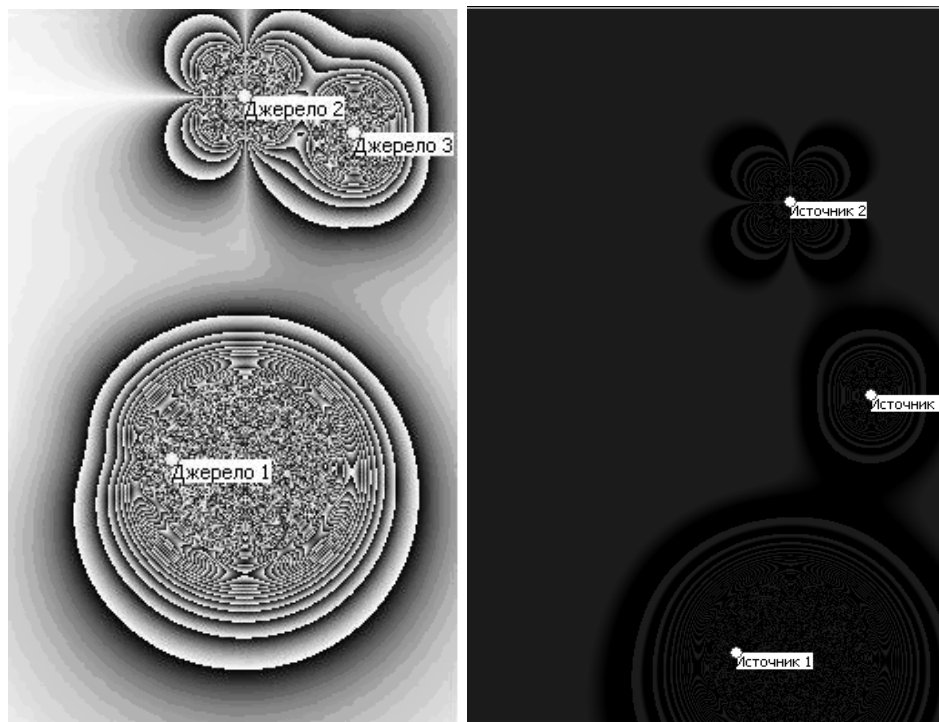


Рисунок 1. Приклади моделювання просторових розподілів рівнів магнітних полів у приміщенні.

Кількісні дані щодо рівнів полів віділяються кольором у екранній формі з відповідною шкалою. Розроблений пакет дозволяє автоматично врахувати розміри приміщення та джерел поля.

Отримані результати дають змогу не тільки попередньо визначити рівні магнітних полів у кожній точці приміщення в залежності від кількості та потужності технічних засобів і навантаження на силову електромережу, а й прогнозувати їх значення зі збіль-

шенням струму живлення обладнання, що відбивається на значеннях m у вихідних функціях.

Виходячи з прогнозованих результатів визначаються заходи щодо зниження електромагнітного навантаження, одним з найефективнішим є використання фундаментального явища відбиття і раніше розробленої дипольної моделі джерела магнітного поля [8].

Досвід показав, що унаочнення на одній моделі чисельних рівнів низькочастотних та високочастотних полів недоцільне через погане сприйняття візуального відображення моделі.

Найбільш прийнятним є отримання двох окремих моделей з наступним їх об'єднанням, виходячи з фактичних рівнів

електромагнітних полів різних частотних діапазонів методом оптимізації. Розв'язання задачі оптимізації досить складне, враховуючи наявність як мінімум двох класів джерел електромагнітних полів, що потребує подальших теоретичних розробок та експериментальної перевірки отриманих результатів.

Висновки

Проведені теоретичні дослідження, порівняння отриманих результатів з експериментальними даними довели можливість коректного моделювання просторових розподілів електромагнітних полів. Таке моделювання доцільно виконувати на стадіях проектування житлових та виробничих будівель і споруд, а також при модернізації технологічного обладнання.

Попереднє визначення рівнів електромагнітних полів у кожному конкретному приміщенні та у будівлі в цілому дозволяє заздалегідь визначити перелік і вміст організаційно-технічних та санітарно-гігієнічних заходів з мінімізації впливу полів на людей.

Моделювання розподілу електромагнітних полів виконується для кожного частотного діапазону з наступною оптимізацією розміщення технічних засобів. Пріоритетність при розв'язанні задачі оптимізації визначається виходячи з фактичних або прогнозованих рівнів електромагнітних полів у кожному діапазоні.

Моделювання просторових розподілів електромагнітних полів доцільно здійснювати паралельно з визначенням інших фізичних факторів – формуванням акустичного та температурного поля, динаміки концентрацій аерозолів тощо.

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Думанский Ю.Д. Электромагнитное загрязнение окружающей среды – гигиеническая проблема, результаты и пути её решения в Украине /Ю.Д. Думанский, Н.Г. Никитина, С.В. Биткин, С.С. Галак //Итоги и перспективы научных исследований по проблеме экологии человека окружающей среды. –М., –2006. –С. 248-253.
- 2 Запорожец О.І. Система електроживлення та електромагнітна безпека в енергонасичених будівлях і спорудах /О.І. Запорожець, В.А. Глива, В.І. Клапченко, Г.Д. Потапенко, А.В. Лук'янчиков //Вісник Національного авіаційного університету. –2008. –№1. –С. 113-116.
- 3 Матоушек З. Измерение паразитного излучения электрических приборов и оборудования /З. Матоушек, Й. Якуб, А. Гикел ///Вестник НТУ «ХПИ». –2008. –Вип.27. –С. 50-55.
- 4 Establishing a dialogue on risks from electromagnetic fields.-Geneva: World Health Organization, –2004. –67 p.
- 5 Krajewski W. Numerical modeling of the electric field in HV substation /W. Krajewski //IEEE Proc. Sci. Means. Technol. –2004. –Vol.151. –№4. –P. 267-272.
- 6 Шевченко С.Ю. Исследование электрических полей промышленной частоты типовых подстанций ВН в городской черте /С.Ю. Шевченко, А.А. Окунь //Гігієна населених місць. –2011. –Вип.58. –С. 199-206.
- 7 Биткин С.В. Методологические подходы к определению и моделированию электромагнитных излучений при гигиенических исследованиях /С.В. Биткин, В.Ю. Думанский, Е.А. Сердюк и др. //Гігієна населених місць. –2011. –Вип.57. –С. 220-231.
- 8 Глива В.А. Моделювання просторових розподілів електромагнітних полів множинних джерел //В.А. Глива, Л.О. Левченко, С.А. Теренчук //Новітні комп'ютерні технології: VII міжнародна наук.-техн.конф., 14-17 вересня 2010 р.: матеріали. –Севастополь, –2010. –С. 34-35.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ В ПОМЕЩЕНИЯХ МЕТОДОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Левченко Л.О.

На основе теоретических исследований были определены математические функции пространственных изменений уровней электромагнитных полей разного типа. Это позволило разработать программное обеспечение для автоматизированного моделирования распределения и прогнозирования уровней электромагнитных полей в помещениях с последующей их визуализацией.

DETERMINATION AND PROGNOSTICATION OF ELECTROMAGNETIC STOPPING AT APARTMENTS BY DESIGN METHOD

L.O. Levchenko

On the basis of theoretical researches the mathematical functions of spatial changes of levels of the electromagnetic fields of different type were certain. It allowed to develop software for the automated design of distributing and prognostication of levels of the electromagnetic fields in apartments with subsequent their visualization.

УДК 539.421:620.179.17

РОЗРАХУНКОВІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ЗАСАДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЕКРАНІВ

Левченко Л.О.¹, Глива В.А.², Подобєд І.М.³

¹ Національний технічний університет України «КПІ»,

² Національний авіаційний університет,

³ ДУ «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці»

Вступ. Постійне підвищення електромагнітного навантаження на довкілля, зміна якісного та кількісного складу джерел електромагнітних полів та випромінювань вимагає проведення досліджень і виконання прикладних розробок щодо зниження їх негативного впливу на людей.

Традиційні методи – захист відстанню та часом на сьогоднішній день практично вичерпані і можуть бути використані в обмежених обсягах користувачами персональних комп'ютерів за умови, що ці технічні засоби не є основним знаряддям виробничих процесів, та на енергетичних об'єктах, де такі обмеження регламентовані відповідними санітарними нормами і правилами.

Зростання потужностей різноманітних технічних засобів у середині приміщень і будівель, кількості джерел зовнішніх електромагнітних випромінювань (базові станції мобільного зв'язку, локаторне обладнання тощо) вимагає пошуку нових підходів до захи-

сту людей від електромагнітних полів та випромінювань широкого частотного діапазону та різних амплітуд.

На сьогоднішній день найбільш перспективним методом зниження рівня електромагнітних полів є їх екранування. Втім методики і умови використання екрануючих матеріалів в залежності від параметрів екранованого поля досліджено недостатньо. Відсутні практичні рекомендації щодо розрахунків ефективності екранів і їх використання в залежності від фактичної електромагнітної обстановки.

Сучасний стан проблеми. На сьогоднішній день дослідженнями розрахунками ефективності та розробленням технологій виготовлення матеріалів для екранування електромагнітних полів та випромінювань займаються фахівці з матеріалознавства та електродинаміки суцільних середовищ.

Результатом цього є складність математичного апарату з розрахунків ефективно-