

В. А. Глива¹, Ю. І. Патерега², Т. В. Шабатура¹

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна

² Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СЕРЕДОВИЩЕ МЕТОДАМИ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ

Анотація. Досліджено можливості використання моделювання поширення електромагнітних полів різнорідних джерел для визначення електромагнітних навантажень на територіях у окремих будівлях та приміщеннях. Таке моделювання доцільно використовувати у разі неможливості визначення електромагнітної обстановки методом натурних вимірювань – на стадіях проектування та експертизи об'єктів, проектування розміщення електричного та електронного обладнання тощо. Передумовою коректного моделювання є визначення математичних функцій, які описують поширення електромагнітних полів різних частот та частотних діапазонів. Такі функції повинні мати припущення та спрощення, які забезпечують прийнятну похибку обчислень та бути зручними для створення прикладного програмного забезпечення. Вихідні дані для моделювання отримуються з технічної документації обладнання, яке генерує електромагнітні поля, та з результатів вимірювань параметрів полів однотипного обладнання, яке перебуває у експлуатації. За наявності діаграм спрямованості електромагнітних полів та поширення низькочастотного поля, у кожній точці з необхідним кроком розраховується значення напруженості електричної та магнітної складових електромагнітного поля або доцільності потоку енергії. Сума відношень квадратів напруженостей електричного та магнітного поля до квадратів відповідних гранично допустимих значень повинно перевищувати одиниці. Це відповідає чинним санітарним нормам. Відстані, до яких виконується розрахунок, визначаються у кожному конкретному випадку й повинні охоплювати усю територію або площу, для якої визначаються шукані показники.

Ключові слова: електромагнітне навантаження, моделювання, гранично допустимий рівень.

Вступ

Моделювання поширення електромагнітних полів на певній території, приміщенні тощо є надійним засобом прогнозування електромагнітного впливу на людей. Таке моделювання надає змогу раціоналізувати розміщення джерел електромагнітних полів на території житлової забудови, у будівлях та окремих приміщеннях з точки зору електромагнітної безпеки. Передумовою коректних результатів моделювання є наявність надійних даних щодо рівнів електромагнітних полів, що генерують усі критичні джерела та математичні співвідношення, що визначають закономірності поширення електромагнітних полів у просторі. Тому цим питанням приділено найбільша кількість досліджень. Але моделі зазвичай стосуються одного джерела або групи однотипних джерел й визначають зони гранично допустимих значень електричного, магнітного або електромагнітного поля. У реальних умовах присутні електромагнітні поля різних частот та частотних діапазонів. При цьому у багатьох випадках вони вимірюються у різних одиницях, що унеможливає їх застосування у одній моделі. Складність також полягає у різних значеннях гранично допустимих напруженостей полів або щільностей потоків енергії. У таких умовах не існує методики, складно прогнозувати електромагнітне навантаження на середовище, особливо на стадіях первинного будівництва, реконструкції та розміщення обладнання. Тому доцільно дослідити можливості застосування моделювання поширення електромагнітних полів різнорідних джерел з оцінюванням загального електромагнітного навантаження у кожній точці або зоні території або приміщення.

Огляд літературних джерел. Інтегральне електромагнітне навантаження на виробниче середовище й довкілля визначається зі співвідношень, наведених

у національних санітарних нормах для населення й працюючих [1, 2]. Особливістю цих документів є те, що для магнітних та електричних полів, для яких встановлені різні гранично допустимі рівні, у першому порівнюються фактичні значення й граничні, у другому – їх квадрати. Тому у практичній діяльності необхідно вказувати, яке співвідношення використовується у кожному конкретному випадку. Отримання розрахункових даних надасть можливість оцінити електромагнітне навантаження на середовище. Це здійснюється засобами моделювання. Поширення магнітних та електричних полів повітряних і кабельних ліній електропередачі наведено у [3, 4]. При цьому у першій роботі досліджено й зниження напруженості магнітного поля сітчастим магнітним екраном, а у другій – опліткою підземної кабельної лінії. Але лінійні джерела електромагнітного поля однієї частоти є найпростішим випадком. Поширення полів локалізованих у просторі джерел – трансформаторів, генераторів тощо є більш складним [5]. Це стосується як високочастотних електромагнітних полів, так і полів середніх та низьких частот [7]. Зазвичай моделювання здійснюється з використанням методу кінцевих елементів [8]. Головним джерелом похибок у процесі моделювання поширення електромагнітних полів є спрощення й припущення, закладені у розрахунковий апарат. У інженерній практиці для визначення поширення зовнішніх електромагнітних полів обладнання не потребує великої точності через наявність побічних полів, які важко врахувати. У роботах [9, 10] показано, що принаймні низькочастотне магнітне поле будь-якого джерела може бути представлене комбінацією магнітних диполів. Такий підхід реалізовано у дослідженні [11]. Верифікація результатів моделювання свідчить про прийнятну збіжність розрахункових та експериментальних даних.

Але усі наведені роботи стосуються одного або однотипних джерел електромагнітних полів. У реальних умовах територій або будівель присутні електромагнітні поля різних амплітудно-частотних характеристик, які неможливо урахувати в одній моделі. Тому доцільно дослідити можливість оцінювання електромагнітного навантаження на середовища, виходячи з порівняння гранично допустимих рівнів для кожного поля у будь-якій точці з даними моделювання й визначення загального електромагнітного навантаження.

Мета роботи – визначення електромагнітного навантаження на середовище за результатами моделювання поширення електромагнітних полів різнорідних джерел.

Викладення основного матеріалу

Електромагнітне навантаження на середовище визначається порівнянням електричної та магнітної складових електромагнітного поля (до 300 МГц) та щільностей потоків енергії (вище 300 МГц) з гранично допустимими значеннями для окремих частот та частотних діапазонів. Як зазначалося, у двох чинних санітарних нормах існують розбіжності щодо методики визначення. Враховуючи, що високочастотні поля визначаються за енергетичними показниками, для електромагнітних полів частотами, нижчими за 300 МГц доцільно порівнювати квадрати напруженостей поля, які пропорційні енергії поля [2].

$$\frac{E_1^2}{ГДР_1^2} + \frac{E_2^2}{ГДР_2^2} + \dots + \frac{E_n^2}{ГДР_n^2} + \frac{H_1^2}{ГДР_1^2} + \frac{H_2^2}{ГДР_2^2} + \dots + \frac{H_n^2}{ГДР_n^2} \leq 1,$$

де E і H – вимірні значення напруженості електричного і магнітного поля; $ГДР$ – гранично допустимі рівні відповідних частотних діапазонів.

Для високочастотних полів це:

$$\frac{W_1}{ГДР_1} + \frac{W_2}{ГДР_2} + \dots + \frac{W_n}{ГДР_n} \leq 1,$$

де W_n – вимірні значення щільності потоків енергії полів; $ГДР$ – гранично допустимі рівні відповідних частотних діапазонів.

На більшості територій та у окремих приміщеннях присутні електромагнітні поля різнорідних джерел, тому:

$$\frac{E_1^2}{ГДР_1^2} + \frac{E_2^2}{ГДР_2^2} + \dots + \frac{E_n^2}{ГДР_n^2} + \frac{H_1^2}{ГДР_1^2} + \frac{H_2^2}{ГДР_2^2} + \dots + \frac{H_n^2}{ГДР_n^2} + \frac{W_1}{ГДР_1} + \frac{W_2}{ГДР_2} + \dots + \frac{W_n}{ГДР_n} < 1,$$

Для визначення електромагнітного навантаження на середовище найбільш надійними способом є натурні вимірювання напруженостей електричної та магнітної складових електромагнітного поля та щільностей потоків енергії. Але така робота вимагає великих обсягів вимірювань, особливо якщо невідомі закономірності поширення електромагнітних полів

окремих джерел. А на стадіях проектування розміщення технічних засобів це неможливо. Тому доцільно створити моделі поширення полів різних джерел й обрати найбільш раціональний спосіб їх розміщення як з точки зору функціоналу, так і з міркувань електромагнітної безпеки.

Для здійснення моделювання необхідно визначитися з просторовими межами моделювання (відстані від джерел полів) та математичним функціями, які описують поширення електромагнітних джерел полів наднизьких, низьких та вищих частот.

Щодо площ, для яких здійснюється моделювання, то вони визначаються максимальними розмірами забудови або приміщення й відстанями до постійного перебування людей. Математичні функції, які описують закономірності поширення електромагнітних полів дуже різняться у залежності від частоти поля, характеру та функціоналу електричного та електронного обладнання. Для лінійних джерел електричних та магнітних полів промислової частоти (повітряних та кабельних ліній електропередачі) напруженості полів доцільно розраховувати за методикою, наведеною у [12, 13]. Для сегментів електричних струмів у окремих приміщеннях достатньо застосування простого співвідношення:

$$H = \frac{I}{4\pi r} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2),$$

де H – напруженість магнітного поля; I – електричний струм провіднику, r – відстань до точки визначення напруженості магнітного поля, φ_1, φ_2 – кути між сегментом лінійного струму та напрямком до кінців сегменту. За протікання електричних струмів периметром прямокутного приміщення:

$$H = \frac{I\sqrt{x^2 + y^2}}{\pi xy},$$

де x, y – довжина боків приміщення.

В усіх випадках береться діюче значення змінного струму промислової частоти. Точність таких розрахунків невелика, але прийнятна для оцінювання електромагнітної обстановки.

Структури магнітних та електричних полів промислової частоти локальних джерел більш складна. Це найпоширеніші електротехнічні пристрої – трансформатори, двигуни, генератори тощо. Магнітні поля трансформаторів мають дипольну форму, електродвигунів та генераторів – дипольно-квадрупольну, октапольну форму тощо. Зазвичай електрична складова електромагнітного поля наднизької частоти повністю екранується металевими корпусами та кожухами обладнання, тому доцільно розглядати магнітні складові електромагнітних полів.

Напруженість магнітного поля джерела дипольного типу визначаються співвідношенням:

$$H = \frac{m}{2\pi\mu_0 r_m^3},$$

де m – магнітний момент джерела, r_m – відстань до точки визначення напруженості магнітного поля, μ_0 – магнітна стала, ($\mu_0 = 1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м).

Магнітний момент можна визначати, виходячи зі значення робочого електроструму та площі контуру. Але точність такого визначення низька. Тому цей параметр доцільно визначати експериментально, вимірявши напруженість магнітного поля біля корпусу джерела:

$$m = 2\pi\mu_0 H r.$$

За r можна взяти будь-яку фіксовану відстань.

Для джерел магнітного поля більш складної форми доцільно застосовувати рівняння Гауса для скалярного потенціалу. Це надає змогу враховувати необхідну кількість просторових гармонік магнітного поля. Для дипольно-квадрупольного джерела поля радіальна компонентна у полярних координатах визначається окремо для дипольної ($n = 1$) та квадрупольної ($n = 2$) гармонік:

$$H_r^{(n=1)} = 2 \times (R_0/R)^3 \times (a_{10} \cos \theta + a_{11} \cos \varphi \sin \theta + b_{11} \sin \varphi \sin \theta).$$

$$H_r^{(n=2)} = \frac{3}{4\pi} (R_0/R)^4 \times \left[\frac{a_{20}}{2} (3 \cos^2 \theta - 1) + 3(a_{21} \cos \varphi + b_{21} \sin \varphi) \sin 2\theta + 12(a_{22} \cos 2\varphi + b_{22} \sin 2\varphi) \sin^2 \theta \right].$$

де R_0 – умовний радіус джерела у сферичному наближенні, a і b – амплітудні значення відповідних гармонік, θ , φ – кути сферичних координат, R – відстань до точки визначення напруженості магнітного поля. Підсумкове значення розраховується зі співвідношення:

$$H = (R_0/R)^3 \times a_{11} \times \cos \varphi \times \sin \theta + (R_0/R)^4 \times a_{22} \cos 2\varphi \times \sin^2 \theta.$$

де a_{11} , a_{22} – амплітудні значення дипольної та квадрупольної гармонік магнітного поля.

Цей параметр можна визначити експериментально. Наприклад, відомо [11], що біля корпусу чотириполюсної електричної машини дипольна гармоніка складає 0,5 квадрупольної.

У будь-якому випадку для коректного здійснення моделювання поширення магнітного поля не-

обхідно провести вимірювання напруженості магнітного поля біля корпусу однотипної електричної машини.

Параметром, який визначає вплив електромагнітного поля ультрависоких, надвисоких та надзвичайно високих частот є щільність потоку енергії ($Вт/м^2$). Для високочастотних джерел він визначається зі співвідношення:

$$W = \frac{8PGKF^2(\theta)\eta}{R^2},$$

де P – потужність випромінювача, G – коефіцієнт підсилення антени, K – параметр, який враховує вплив підстилюючої поверхні (наприклад, землі), $F^2(\theta)$ – множник нормованої діаграми спрямованості випромінювання у вертикальній або горизонтальній площині, η – коефіцієнт передачі антено-фідерним трактом.

Зазвичай потужність випромінювання відома з технічної документації. Це ж стосується коефіцієнтів η та G . $F^2(\theta)$ визначається стандартною діаграмою спрямованості випромінювання для конкретного обладнання.

Параметр G можна оцінити зі співвідношення:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} SR,$$

де λ – довжина хвилі, S – площа розкриття антени, R – коефіцієнт використання площі антени.

Зазвичай $R = 0,35 - 0,70$.

У випадках, коли нормована діаграма спрямованості випромінювача невідома, можна провести її апроксимацію, виходячи з відомої ширини за рівнем половини потужності. Для апроксимації головного пелюстка діаграми спрямованості зручно використовувати криву Гауса:

$$F^2(\theta) = e^{-0,69(\theta/\theta_{0,5})^2},$$

де $\theta_{0,5}$ – напівширина діаграми спрямованості випромінювача.

Діаграми спрямованості можуть бути різними – від колових до вузькоспрямованих і характеризуватися різними значеннями $F^2(\theta)$ (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення множника нормованої діаграми спрямованості

$\theta/\theta_{0,5}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
$F^2(\theta/\theta_{0,5})$	1	0,84	0,5	0,21	$6,3 \cdot 10^{-2}$	$1,34 \cdot 10^{-2}$

Множник, який враховує характер підстилюючої поверхні K – для земної поверхні складає для частот поля 1–3 ГГц у межах 1,5–1,1. Цей діапазон охоплює практично робочі частоти засобів бездротового зв'язку. Ці показники усереднені, тому у практичній діяльності необхідно уточнювати реальні умови розповсюдження електромагнітних полів. Визначення електромагнітного навантаження в усіх точках певної площини доцільно виконувати у певній послідовності:

– визначення критичності впливу на електромагнітну обстановку окремих джерел;

– визначення просторових розподілів напруженостей полів та щільностей потоків енергії окремих джерел;

– визначення електромагнітного навантаження у кожній точці площі у залежності від кількості джерел, які впливають на електромагнітну обстановку;

– навантаження отриманих даних на координатну сітку.

Наприклад, якщо на електромагнітну обстановку впливають три джерела електромагнітних полів,

з яких одне є джерелом електромагнітного поля промислової частоти, а два інших – ультрависоких частот, то їхні діаграми спрямованості певним чином перетинаються (рис. 1).

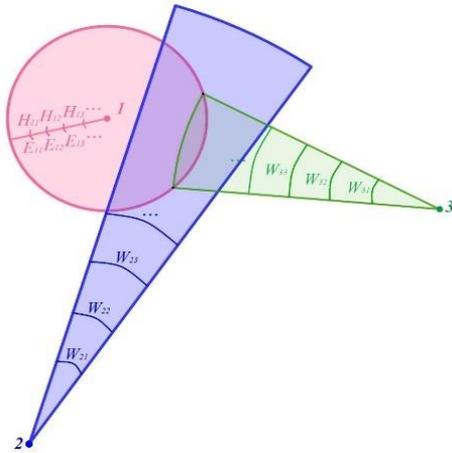


Рис. 1. Схематичні поширення електромагнітних полів джерел різних частотних діапазонів

Електромагнітне навантаження від джерела 1 у зонах, де діаграми спрямованості не перетинаються. Електромагнітне навантаження визначається зі співвідношення $\frac{E^2}{ГДР^2} + \frac{H^2}{ГДР^2}$ для кожної точки цієї зони з обраним кроком. Якщо сума цих складових не перевищує одиниці, то електромагнітна обстановка відповідає вимогам нормативу [2]. У зонах діаграм спрямованостей джерел 2 й 3 відсутній перетин з іншими діаграмами, відповідно визначаються показники $\frac{W_2}{ГДР_1}$ та $\frac{W_3}{ГДР_2}$. У зоні перетину цих двох діаграм спрямованості електромагнітне навантаження визначається сумою: $\frac{W_2}{ГДР_2} + \frac{W_3}{ГДР_3}$.

Відповідно у зонах перетину цих діаграм 2 з зоною 1 $\frac{E_1^2}{ГДР^2} + \frac{H_1^2}{ГДР^2} + \frac{W_2}{ГДР_2}$, а у зоні перетину трьох діаграм $\frac{E_1^2}{ГДР^2} + \frac{H_1^2}{ГДР^2} + \frac{W_2}{ГДР_2} + \frac{W_3}{ГДР_3}$.

У загальному випадку невизначеним показником є радіус діаграми першого джерела та довжина бісектрис кутів розкриття джерел 2 і 3. Якщо кути розкриття нормалізуються за показником зниження інтенсивності випромінювання удвічі, що відображено у показнику $\theta/\theta_{0,5}$, то відстань не регламентується жодним нормативом. Зазвичай для засобів мобільного

зв'язку, радіотехнічного обладнання цивільної авіації визначається тільки зона перевищення граничного значення для обладнання певної робочої частоти. Але для зон впливу кількох джерел електромагнітного поля електромагнітне навантаження може перевищувати норму навіть за нормативних значень кожного джерела. Тому у практичній діяльності доцільно охоплювати усю територію або площу, що розглядається. При цьому не виключається вплив неврахованих джерел на електромагнітну обстановку. Тому необхідною умовою коректного визначення електромагнітного навантаження на людей доцільно виміряти фонові значення електромагнітних полів в усіх частотних діапазонах.

Висновки

1. Визначення електромагнітного навантаження на середовище на стадіях проектування та експертизи будівництва, проектування розміщення електричного та електронного обладнання доцільно здійснювати з використанням моделювання поширення електромагнітних полів найбільш критичних джерел. Це надасть змогу оцінити електромагнітне навантаження у кожній точці території або обраної площі за різних схем розташування джерел електромагнітних полів та обрати найбільш раціональний варіант.

2. Передумовою коректного моделювання поширення електромагнітних полів є визначення найбільш прийнятних математичних функцій поширення полів різних частот та частотних діапазонів. Такі функції повинні мати припущення та спрощення, які дають прийнятну похибку обчислень й бути зручними для створення прикладного програмного забезпечення.

3. Сумарне електромагнітне навантаження визначається для кожної точки сумою відношень квадратів напруженостей електричної та магнітної складових електромагнітного поля до квадратів відповідних гранично допустимих значень, відношень щільностей потоків енергій до відповідних граничних значень. Сума усіх показників не повинна перевищувати одиниці. Слід враховувати можливість перевищення сумарного навантаження за нормативних значень полів окремих джерел

Конфлікт інтересів. Автори декларують, що не мають конфлікту інтересів стосовно даного дослідження, в тому числі фінансового, особистісного характеру, авторства чи іншого характеру, що міг би вплинути на дослідження та його результати, представлені в даній статті.

Використання засобів штучного інтелекту. Автори підтверджують, що не використовували технології штучного інтелекту при створенні представленої роботи..

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСН 239-96. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань [Чинний від 2017-12-22]: затв. наказом М-ва охорони здоров'я України від 01.08.1996 р. № 239. Київ, 2017. 28 с. (Державні санітарні норми України). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0488-96#Text>
2. ДСНІП 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів [Чинний від 2003-03-13]: затв. наказом М-ва охорони здоров'я України від 18.12.2002 р. № 476. Київ, 2003. 16 с. (Державні санітарні норми України). https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48146

3. Grinchenko V.S. Mitigation of three-phase power line magnetic field by grid electromagnetic shield. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2018. Vol. 2018, Issue 4. P. 29–32. <https://doi.org/10.15407/techned2018.04.029>.
4. Podoltsev, O. D., & Kucheriava, I. M. (2020). Three-dimensional model for computation of magnetic field of underground cable line. *Pratsi Institutu elektrodynamiki* 2020(56), 16–19. doi: <https://doi.org/10.15407/publishing2020.56.016>
5. Xinmei Wang, Yifei Wang and Tao Wu. The Review of Electromagnetic Field Modeling Methods for Permanent-Magnet Linear Motors. *Energies* 2022, 15(10), 3595; <https://doi.org/10.3390/en15103595>
6. Bofan Li, Pengning Zhang Pengyang Li, Ze Liu, Wei Li and Jian Zhang. Research on Magnetic-Thermal-Force Multi-Physical Field Coupling of a High-Frequency Transformer with Different Winding Arrangements. *Electronics* 2023, 12(24), 5008; <https://doi.org/10.3390/electronics12245008>
7. Y. Li, Z. Luo, Y. Li, J. Zhu, B. Zhang and J. Zou, "Modeling of Fe-Based Soft Magnetic Materials for Multiphysical Analysis of Medium-Frequency Transformers," in *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 39, no. 10, pp. 12249-12260, Oct. 2024, doi: <https://doi.org/10.1109/TPEL.2024.3393241>
8. Wenying Yang, Yuhang Pan, Zilan Qiu, Guofu Zhai. Electromagnetic transient model and field-circuit coupling numerical calculation of Sen transformer based on finite-element method. *Electric Power Systems Research*, Volume 214, Part B, 2023, 108941, <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108941>
9. Getman, A. Cylindrical harmonic analysis of the magnetic field in the aperture of the superconducting winding of an electromagnet. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. 1(5 (91)). P. 4–9. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123607>
10. Ходаковський, О., Левченко, Л., Колумбет, В., Козачук, А. і Кужавський, Д. Розрахунковий апарат моделювання поширення електромагнітних полів різнорідних джерел. *Сучасні інформаційні системи*. 2021. 5, 1 (Чер. 2021), С. 34–38. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.1.04>.
11. Levchenko, L., Ausheva, N., Karaieva, N., Glyva, V., & Burdeina, N. (2024). Modeling of the external magnetic field of electric machines. *Advanced Information Systems*, 8(1), 24–30. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2024.1.03>
12. Левченко Л.О. Моделювання просторових розподілів електромагнітних полів повітряних ліній електропередачі. *Системи обробки інформації*. 2016. № 1. С. 29–37. http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2016_1_9
13. Левченко Л.О., Глива В.А., Карпенко С.Г. Просторові розподіли електромагнітних полів кабельних ліній електропередачі. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. 2016. Вип. 1/2016 (33). С. 114–121. http://nbuv.gov.ua/UJRN/emezs_2016_1_16

Received (Надійшла) 29.10.2025

Accepted for publication (Прийнята до друку) 14.01.2026

Publication date (Дата публікації) 27.02.2026

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ / ABOUT THE AUTHORS

Глива Валентин Анатолійович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри фізики, Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна;

Valentyn Glyva – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Physics, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine;

e-mail: hlyva.va@knuba.edu.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1257-3351>;

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57210185162>.

Патерега Юрій Ігорович – асистент кафедри систем автоматизованого проектування, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна,

Yurii Patereha – Assistant Professor, Department of Computer-Aided Design, Lviv Polytechnic National University, Ukraine;

e-mail: yurii.i.patereha@lpnu.ua; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-5110-008X>;

Scopus ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35093148000>.

Шабатура Тарас Вікторович – аспірант кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці, Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна;

Taras Shabatura – PhD student at the Department of Environmental Protection Technologies and Labour Protection, Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine;

e-mail: Tarasshabatura@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-7525-5212>.

Determination of electromagnetic load on the environment by methods of modelling the propagation of electromagnetic fields

Valentyn Glyva, Yurii Patereha, Taras Shabatura

Abstract. The possibilities of using modelling of the propagation of electromagnetic fields from heterogeneous sources to determine electromagnetic loads in areas within individual buildings and premises have been investigated. Such modelling is advisable when it is impossible to determine the electromagnetic environment by field measurements – at the stages of design and examination of objects, design of electrical and electronic equipment placement, etc. A prerequisite for correct modelling is the determination of mathematical functions that describe the propagation of electromagnetic fields of different frequencies and frequency ranges. Such functions must have assumptions and simplifications that ensure an acceptable calculation error and be convenient for creating application software. The initial data for modelling is obtained from the technical documentation of the equipment that generates electromagnetic fields and from the results of measurements of the parameters of fields of similar equipment in operation. If there are diagrams of the directivity of electromagnetic fields and the propagation of low-frequency fields, the value of the electric and magnetic components of the electromagnetic field or the energy flux density is calculated at each point with the required step. The sum of the ratios of the squares of the electric and magnetic field intensities to the squares of the corresponding maximum permissible values must exceed one. This complies with current health standards. The distances for which the calculation is performed are determined in each specific case and must cover the entire territory or area for which the desired indicators are determined.

Keywords: electromagnetic load, modelling, maximum permissible level.