

УДК 538.69.331.45

О.І. ЗАПОРОЖЕЦЬ, Л.О. ЛЕВЧЕНКО

ЗАСАДИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО МОНІТОРИНГУ МІСТА В УМОВАХ ПІДВИЩЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

***Анотація.** Запропоновано концептуальні засади моніторингу електромагнітної обстановки у населених пунктах з урахуванням її динаміки та умов формування, які є підставою для розроблення системи електромагнітного моніторингу. Це дозволить провести інвентаризацію та позиціювання усіх джерел електромагнітних полів і випромінювань, визначити просторові розподіли напруженості полів та потоків енергії від них.*

***Ключові слова:** електромагнітний моніторинг, електромагнітне поле, напруженість, густина потоку енергії, частотний спектр.*

Вступ

В останнє десятиріччя спостерігається як загальне підвищення електромагнітного фону у населених пунктах, так і зміна його якісного складу. Це обумовлено збільшенням кількості джерел електромагнітних полів і випромінювань та розширенням їх частотних діапазонів, що викликає занепокоєння у суспільстві. Поліпшення електромагнітної обстановки у містах з великою кількістю джерел електромагнітних впливів обумовлює необхідність отримання достовірної та актуальної інформації щодо фактичних рівнів електромагнітних полів і випромінювань, їх динаміки та просторових розподілів. Це надасть змогу розробити адекватні, науково обґрунтовані програми зі зниження електромагнітних впливів на населення та навколишнє середовище.

Стан проблеми

Поява відносно нових джерел електромагнітних впливів на довкілля – засобів мобільного зв'язку, систем радіомовлення FM-діапазонів та розвиток електричного транспорту спричинили докорінну зміну електромагнітної обстановки у населених пунктах. Особливо це стосується великих міст з розвинутою інфраструктурою. В останні роки моніторингу стану довкілля присвячено багато досліджень та прикладних розробок. Значною мірою це обумовлено орієнтацією України на інтеграцію у Європейську спільноту. Так, в Україні розпочато роботи з імплементації вимог Загальноєвропейської директиви з електромагнітної безпеки населення і працюючих [1]. Невід'ємними складовими цього документа є міжнародні нормативи з електромагнітної безпеки [2, 3], які висувають жорсткі вимоги до гранично допустимих рівнів електромагнітних полів та випромінювань. В той же час, національні норми з електромагнітної безпеки населення [4, 5] певним чином є застарілими і не відповідають потребам сьогодення.

Дослідження щодо впливу на довкілля електромагнітних факторів стосуються зазвичай однотипних джерел. У роботах [6, 7] закладено засади визначення рівнів та поширення електричних та магнітних полів ліній електропередач різних конструкцій. Ґрунтовна праця [8] частково розглядає вплив електричного міського транспорту на формування електромагнітної обстановки, а дослідження [9] – електромагнітне навантаження на територію засобів мобільного зв'язку. Загальним недоліком цих робіт є відсутність комплексного підходу до контролю електромагнітної обстановки.

У дисертаційному дослідженні [10] сформульовано підходи до створення інформаційної бази для досліджень в області екології, але на сьогоднішній день вона мало прийнятна через зміну пріоритетів та технічного обладнання.

У попередніх роботах [11, 12] було закладено сучасні підходи до інформаційного супроводу екологічного моніторингу та його технічної складової, але вони стосуються загальних питань без урахування специфіки формування та динаміки електромагнітної обстановки.

Метою роботи є розроблення концептуальних засад моніторингу електромагнітної обстановки у населених пунктах з урахуванням її динаміки та умов формування.

Особливістю формування електромагнітної обстановки у населених пунктах є значні відмінності кількісного та якісного складу джерел електромагнітного забруднення в залежності від загальної кількості населення, роду діяльності промислових підприємств, наявності електричного транспорту, засобів бездротового зв'язку тощо. При цьому має місце певне протиріччя між забезпеченням екологічних вимог та стабільністю функціонування інфраструктури, комфортністю населення і т.ін. Тобто, розвиток електричних мереж та мереж зв'язку має певні негативні наслідки для населення.

Очевидно, що стабільний стан екосистеми вимагає здійснення неперервного системного контролю стану навколишнього середовища, складовим якого є електромагнітний моніторинг. Як у побуті, так і у виробничих умовах людину оточують різноманітні технічні засоби, які генерують електромагнітні поля з різними просторово-часовими характеристиками. При цьому для одних технічних засобів генерація електромагнітних полів є наслідком їх функціонального призначення, для інших – побічним явищем. Проте в обох випадках вони є фактором електромагнітного забруднення середовища.

У загальному випадку електромагнітний моніторинг складається з трьох напрямів:

- розрахункові методи визначення та прогнозування електромагнітної обстановки на певній території, у окремій будівлі тощо. Найбільш ефективним методом є метод моделювання поширення та часових змін електромагнітної обстановки, який дозволяє здійснювати «накладання» полів різних частот з урахуванням гранично допустимих рівнів для кожної частоти (діапазону частот);

- натурні вимірювання рівнів електромагнітних полів і випромінювань різних об'єктів під час їх експлуатації;

- розроблення комплексу заходів та рекомендацій з поліпшення (нормалізації) електромагнітної обстановки.

Одночасне забезпечення ефективності функціонування та безпечності технічних засобів, які є джерелами електромагнітних випромінювань на окремій території та в окремому населеному пункті, є актуальною економічною задачею. Від адекватності підходів до її вирішення залежить ефективність впровадження господарських, інвестиційних та комерційних проєктів, у яких зацікавлене населення. При цьому слід усвідомлювати, що досягнення повної електромагнітної безпеки принципово неможливе. Тому метою робіт з електромагнітного моніторингу та прогнозування електромагнітного навантаження на довкілля повинна бути оптимізація (раціоналізація) топології розміщення технічних засобів (в основному – радіотехнічних об'єктів) з урахуванням щільності та середньої поверховості житлової забудови, наявності зелених насаджень, водоймищ тощо.

За метою та спрямованістю можна виділити такі типи електромагнітного моніторингу:

1. Моніторинг, який має на меті оцінювання санітарно-гігієнічних параметрів довкілля. Він регламентується чинними санітарними нормами із захисту населення від впливу електромагнітних полів та випромінювань. Його доцільно проводити на стадіях проєктування об'єктів та підприємств, які є потенційними джерелами електромагнітного забруднення певної території. За результатами розрахунків та моделювання поширення випромінювань здійснюється оцінювання їх рівнів на критичних відстанях. Наприклад, усі параметри базових станцій мобільного зв'язку, що використовуються в Україні, є відомими. Це діаграми спрямованості, азимутальні кути, потужності випромінювання тощо. Виходячи з цього, можна досить точно спрогнозувати електромагнітну обстановку у межах впливу як однієї, так і кількох станцій.

Слід спростувати поширену думку про намагання операторів мобільного зв'язку розміщувати на територіях якомога більшу кількість базових станцій та підвищувати їх потужності. Розміри зони обслуговування однієї станції обумовлюються тільки необхідною якістю зв'язку. При цьому якість зв'язку визначається часом його встановлення, а не потужністю випромінювання. Усі базові станції працюють з номінальною потужністю: її підвищення призводить до нештатних режимів роботи та небажаного впливу одного випромінювача на інший. Висока вартість базових станцій та їх обслуговування обумовлює намагання усіх операторів оптимізувати схему їх розміщення.

2. Територіальний електромагнітний моніторинг охоплює, як правило, великі площі населених пунктів (або усю їх територію) і включає контроль за емісією великої кількості різномірних джерел полів та випромінювань різних частотних діапазонів. При цьому враховується не тільки просторове розташування таких об'єктів (рознесення по території), а й рельєф поверхні та особливості забудови. Результатом такого моніторингу є аналіз електромагнітної обстановки з оцінювання внеску усіх джерел полів та випромінювань. Такий моніторинг дає також інформацію для оцінки (прогнозування) перспектив і можливостей розвитку електричних мереж та засобів зв'язку.

3. Інформаційно-орієнтований моніторинг має на меті подолання страхів і фобій у населення щодо підвищення насиченості населених пунктів різноманітними радіотехнічними об'єктами. Поінформованість громадськості про фактичні рівні електромагнітного навантаження на довкілля сприяє зниженню соціальної напруженості. Наприклад, мобільний зв'язок стабільно

функціонує за потужності сигналу $0,08 \text{ мкВт/см}^2$. Населення повинне знати, що в Україні гранично допустимий рівень випромінювання цих частот складає $2,5 \text{ мкВт/см}^2$, а у країнах Євросоюзу – 10 мкВт/см^2 .

4. Важливою складовою електромагнітного моніторингу є оперативний моніторинг. Його необхідність обумовлена складною динамікою електромагнітної обстановки. Вона залежить від фактичних навантажень на силову електромережу, яка значною мірою обумовлюється порою року, днем тижня тощо. При цьому слід орієнтуватися на номінальні або пікові навантаження. Це стосується засобів зв'язку, випромінювальні спроможності яких залежать від орієнтації та будівельних матеріалів споруд, атмосферних умов тощо. Оперативний контроль здійснюють як власники технічних засобів, так і уповноважені державні установи, а також органи місцевого самоврядування.

Практична реалізація системи моніторингу електромагнітної обстановки у населеному пункті повинна починатися з обліку усіх джерел електромагнітних полів та випромінювань з чітким визначенням їх розташування на території. При цьому критичною (важливою) є градація цих джерел за розмірами та характером емісії.

За розмірами усі джерела можна розділити на дві групи:

- джерела, локалізовані у просторі (засоби радіомовлення та телебачення, базові станції мобільного зв'язку, засоби керування повітряним рухом цивільної авіації, трансформаторні підстанції, відкриті розподільчі пристрої електрозабезпечення);

- розподілені джерела (повітряні лінії електропередач, підземні кабельні лінії, контактна мережа електротранспорту).

За характером емісії доцільно розділити джерела електромагнітних полів та джерела випромінювань:

- джерела електромагнітних полів промислової частоти та стаціонарні магнітні поля (усе обладнання електропостачання та електричного транспорту);

- джерела електромагнітних випромінювань (радіотехнічні об'єкти різного призначення).

Наступним етапом є фактичне визначення інтегрального електромагнітного навантаження на довкілля. Не дивлячись на можливість моделювання просторових розподілів полів та поширення випромінювання, виходячи з фундаментальних співвідношень електродинаміки, практична його реалізація потребує великих обсягів вихідних даних. Їх отримання можливе виключно за рахунок натурних вимірювань. При цьому абсолютно необхідні заміри у різні дні тижня та пори року. Наприклад, у вихідні дні, особливо у теплу пору року, навантаження на лінії електропередач знижується, що має наслідком кількаразове зниження рівнів магнітних полів промислової частоти. У холодну пору року, у робочі дні ситуація протилежна.

Реалізація системи моніторингу потребує організації і здійснення інформаційного супроводу, тобто раціоналізації інформаційних потоків з наявністю зворотних зв'язків, підтримання бази в актуальному стані і т.ін. Загальну схему здійснення електромагнітного моніторингу наведено на рис. 1.

Пропонована схема дозволяє розв'язувати наступні задачі моніторингу:

- виявлення джерел електромагнітного впливу на довкілля;
- контроль кількісних значень електромагнітних полів та випромінювань;
- неперервне спостереження за станом довкілля і змінами, що відбуваються у ньому під впливом електромагнітного фактора;
- комплексна оцінка фактичного стану довкілля;
- прогнозування змін електромагнітної обстановки і оцінка її прогнозованого стану;
- регламентація і автоматичне реагування на несприятливі зміни (тенденції) у електромагнітному навантаженні на довкілля;
- впровадження організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітної обстановки.

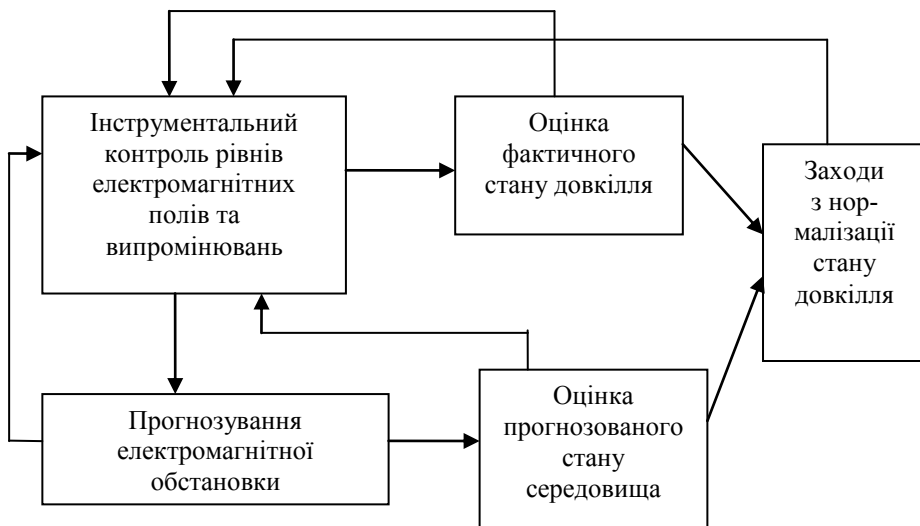


Рис. 1 – Загальна схема автоматизованої системи моніторингу електромагнітної обстановки

Як прив'язку до місцевості джерел електромагнітних полів та випромінювань, так і надання даних про рівні електромагнітного навантаження на території доцільно здійснювати з використанням геоінформаційних технологій. Необхідним уявляється проектування сучасної бази даних, за допомогою якої може здійснюватися візуалізація інформації з урахуванням динамік змін електромагнітної обстановки. Вільний доступ громадян до актуалізованих даних щодо фактичного стану довкілля, поінформованість про нормативи (національні та міжнародні) з гранично допустимих рівнів електромагнітних полів усіх частотних діапазонів сприятиме зниженню упередженості населення та розвитку міської інфраструктури.

Вирішення розглянутих задач можливе тільки за умов наявності сучасного технічного та методичного забезпечення. На сьогоднішній день усі прилади для вимірювання рівнів електромагнітних полів та випромінювань, рекомендовані нормативом [4], технічно і морально застарілі. Фактично в усіх

дослідницьких роботах, що виконуються в Україні у цьому напрямі, використовуються прилади і обладнання, які не мають офіційного статусу, але забезпечують належний науковий рівень. Це ж стосується методик проведення електромагнітного моніторингу. Чи не єдиною вимогою під час проведення вимірювань є визначення рівнів електромагнітних полів на висоті 1,8 м від поверхні землі та унеможливлення викривлення поля присутністю людини. При цьому не враховується зміна електромагнітної обстановки з висотою над поверхнею землі, що особливо актуально для міст зі значною середньою поверховістю житлових та промислових будівель, вплив на рівень електромагнітних полів та випромінювань масивних металевих конструкцій та відбивальних поверхонь, підземних комунікацій різного призначення тощо. На нашу думку, технічна та методична складова електромагнітного моніторингу повинні бути викладені в окремому нормативному документі у формі, яка виключає різночитання та унеможливує виникнення конфліктних ситуацій формального характеру.

Висновки

1. Об'єктивне підвищення електромагнітного навантаження на довкілля, особливо у великих населених пунктах, розширення частотного спектра електромагнітних полів, генерованих сучасним електричним та електронним обладнанням, обумовлює необхідність розроблення та впровадження системи електромагнітного моніторингу.

2. Реалізація такої системи виконується за певним алгоритмом, який включає інвентаризацію та позиціонування усіх джерел електромагнітних полів та випромінювань, визначення просторових розподілів напруженості полів та потоків енергії від них, накопичення інформації у базі даних.

3. Розміщення джерел електромагнітних полів та випромінювань, зони їх впливів з наданням кількісних даних для окремих електричних і радіотехнічних об'єктів, інтегральні дані доцільно реалізовувати з використанням геоінформаційних технологій.

4. Візуалізовані дані щодо електромагнітної обстановки певних об'єктів повинні бути у відкритому доступі для громадян, що дозволить знизити певну упередженість людей щодо впливу на них електромагнітних полів. Така відкритість сприятиме розвитку енергетичної, транспортної та інформаційної інфраструктури населених пунктів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields). – <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:179:0001:0021:EN:PDF>.
2. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)/-International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. // Health Physics, 1998. – № 74. – P. 494–522.
3. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM–2008 – [acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie +Ökologie IBN, 2008. – 5p. (<http://www.createhealthyhomes.com/SBM–2008.pdf>).

4. ДСН 239-96. Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань – [Чинний від 1996-01-08]. К.: МОЗ України, 1996. – 28 с.
5. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. – К.: Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2002. – 59 с. – (Державні санітарні норми України).
6. Dezelak K., Stumberger G., Jak F. Arrangements of Overhead Power Line Conductors // Electric Power Systems Research. – 2011. – Vol. 81. – № 12. – Pp. 2164–2170.
7. Думанський В.Ю. ЛЕП-джерело електромагнітного поля, його гігієнічне значення та нормування в умовах населених місць / В.Ю. Думанський // Гігієна населених місць. – 2010. – Вип. 56. – С. 196–202.
8. Дробыш В.Н. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем / В.Н. Дробыш, М.Ю. Маслов, Ю.М. Сподобаев. – Самара: ООО «Содружество», 2009. – 198 с.
9. Мордачев В.И. Электромагнитная нагрузка на территорию в неоднородной радио-электронной обстановке / В.И. Мордачев // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2012. – № 8. – С. 23–31.
10. Шевченко Л.Б. Исследование и разработка современной информационной базы для научных исследований в области экологии: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. пед. наук: спец. 05.25.03 / Л.Б. Шевченко. – Новосибирск, 2006. – 26 с.
11. Левченко Л.О. Інформаційний супровід екологічного моніторингу / Л.О. Левченко, В.А. Глива, В.І. Клапченко, А.Ю. Репко // Науково-технічна інформація. – 2009. – № 1. – С. 16–19.
12. Левченко Л.О. Оцінка економічної складової екологічних досліджень / Л.О. Левченко, С.О. Лук'яненко, С.Г. Карпенко, В.А. Глива // Науково-технічна інформація. – 2009. – № 3. – С. 7–9.

Стаття надійшла до редакції 15.01.2015