

**ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ РОБІТ ІЗ ЗАХИСТУ ПРАЦЮЮЧИХ
ВІД ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ
УЛЬТРАВИСОКИХ І ВИЩИХ ЧАСТОТ**

В. В. Коваленко, О. М. Тихенко

Національний авіаційний університет

просп. Космонавта Комарова, 1, м. Київ, 03058, Україна. E-mail: okstih@ua.fm

Л. О. Левченко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: larlevch@ukr.net

Досліджено особливості зниження електромагнітного навантаження на працюючих з боку джерел випромінювань ультрависоких і вищих частот. Визначено найбільш ефективні та раціональні заходи і засоби захисту працюючих від впливу електромагнітних випромінювань з урахуванням економічної можливості їх упровадження. Доведено, що найбільш перспективним напрямом робіт зі зниження впливу на працюючих електромагнітних випромінювань ультрависоких і вищих частот є створення захисних матеріалів із певними коефіцієнтами відбиття електромагнітних хвиль. Встановлено, що при проектуванні та виготовленні захисних поверхонь великих площ необхідно оцінювати і враховувати їх вплив на інші фактори виробничого середовища.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання, ультрависока частота, електромагнітний екран, коефіцієнт поглинання, коефіцієнт екранування.

**ПРІОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ПО ЗАЩИТЕ РАБОТАЮЩИХ
ОТ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ
УЛЬТРАВЫСОКИХ И ВЫСШИХ ЧАСТОТ**

В. В. Коваленко, О. Н. Тихенко

Национальный авиационный университет

просп. Космонавта Комарова, 1, г. Киев, 03058, Украина. E-mail: okstih@ua.fm

Л. А. Левченко

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: larlevch@ukr.net

Исследованы особенности снижения электромагнитной нагрузки на работающих со стороны источников излучений сверхвысоких и высших частот. Определены наиболее эффективные и рациональные меры и средства защиты работающих от воздействия электромагнитных излучений с учетом экономической возможности их внедрения. Доказано, что наиболее перспективным направлением работ по снижению воздействия на работающих электромагнитных излучений ультравысоких и высших частот является создание защитных материалов с определенными коэффициентами отражения электромагнитных волн. Установлено, что при проектировании и изготовлении защитных поверхностей больших площадей необходимо оценивать и учитывать их влияние на другие факторы производственной среды.

Ключевые слова: электромагнитное излучение, ультравысокая частота, электромагнитный экран, коэффициент поглощения, коэффициент экранирования.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В останнє десятиріччя значна кількість досліджень була присвячена захисту людей від впливу електромагнітних випромінювань надвисоких частот, а саме, випромінювань засобів мобільного зв'язку. При цьому більшість із них стосувалася гігієнічної оцінки впливу випромінювань фіксованих частот на біологічні об'єкти. Роботи щодо заходів і засобів зниження рівнів цих випромінювань стосуються, в основному, оптимізації розміщення базових станцій мобільного зв'язку та екранування їх випромінювань захисними матеріалами. Але поява внутрішніх джерел ультрависоко-частотних випромінювань (наприклад, бездротових комп'ютерних мереж), збільшення потужності засобів зв'язку в умовах часткової екранізації виробничих приміщень робить наведені заходи захисту недостатніми. Це обумовлює необхідність пошуку нових підходів до зниження електромагнітного навантаження на виробниче середовище з боку джерел випромінювань ультрависоких і вищих частот.

Найбільш поширеним засобом зниження впливу на людей випромінювань ультрависоких частот є

розміщення базових станцій за результатами розрахунків безпечних зон їх покриття [1]. На сьогоднішній день вони базуються також на експериментальних дослідженнях рівнів електромагнітних випромінювань стосовно нового стандарту мобільного зв'язку – DCS–1800 [2]. Особливістю формування електромагнітної обстановки у сучасних будівлях і спорудах є наявність внутрішніх джерел випромінювань, в основному бездротових комп'ютерних мереж із робочими частотами 2,1–5,1 ГГц. Але дослідження з цих питань поки ще перебувають на стадії накопичення фактологічного матеріалу без надання загальних рекомендацій щодо зниження рівнів випромінювань [3].

Особливістю формування електромагнітної обстановки, принаймні у частотних діапазонах, що розглядаються, є те, що згідно з розпорядженням КМУ від 18.03.15 р. № 357 підвищуються гранично допустимі рівні випромінювань дуже високих та ультрависоких частот із 2,5 мкВт/см² (або 3 В/м) до 10 мкВт/см² (або 6 В/м). Така зміна є обґрунтованою через те, що нові норми відповідають загальноєвро-

пейським. Але вона має наслідком перегляд структурних змін мереж зв'язку, розміщення джерел зв'язку у приміщеннях і підвищення фонових значень внаслідок відбиття електромагнітних хвиль. Найефективнішим засобом зниження впливу на працюючих височастотних випромінювань є зміна їх параметрів. Найпростішим із них є зниження напруженості базових станцій та внутрішніх випромінювачів. Але його впровадження не завжди можливе і доцільне. Особливістю такої апаратури є максимальна стабільність роботи у номінальних режимах. Зниження (і навіть підвищення) потужності має наслідком її незадовільне функціонування – погіршення якості зв'язку. До того ж, у таких умовах підвищується випромінювальна здатність кінцевих користувачів – мобільних телефонів, точок доступу до мережі тощо. Це є їх вбудованою функцією, спрямованою на забезпечення зв'язку. Зміна іншого параметра – ширини спектра сигналу за допомогою його модуляції допоміжними імпульсами – є досить ефективним засобом поліпшення електромагнітної обстановки. Так, розширення спектра сигналу у два рази дозволяє вдвічі знизити потужність випромінювання [5]. Але у цьому випадку потрібна модернізація практично всієї передавальної апаратури, яка є переважно імпортного походження, та перерозподіл радіочастот, які підлягають ліцензуванню, що є майже неможливим.

У таких умовах найбільш раціональним є захист працюючих від впливу електромагнітних випромінювань ультрависоких і вищих частот відповідними захисними матеріалами.

Мета роботи – визначення найбільш ефективних і раціональних заходів і засобів захисту працюючих від впливу електромагнітних випромінювань з урахуванням економічної можливості їх впровадження.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вихідними даними для проведення дослідження є результати натурних вимірювань у виробничих приміщеннях будівель і споруд, побудованих із різних будівельних матеріалів, різною кількістю та розмірами металевого технологічного обладнання. Вимірювання виконувалися з використанням професійного повіреного вимірювача щільності потоку енергії ПЗ-31 із трикоординатною приймальною антеною, що виключає залежність результатів від її орієнтації. Для визначення просторових розподілів електромагнітних полів використовувалося джерело випромінювання з робочою частотою випромінювання 2,2 ГГц штирровою антеною, що забезпечувало рівномірне сферичне поширення випромінювання з геометричного центру приміщення. Усе виробниче обладнання під час вимірювань було вимкнене. Вимірювався інтегральний показник щільності потоку енергії у діапазоні 0,3–3,0 ГГц згідно з паспортом та інструкцією з експлуатації приладу. Проміжки часу між вимірюваннями зовнішнього фонового випромінювання та рівнів випромінювань всередині приміщень при вмиканні тестового джерела складала 0,2–0,3 хв., що дозволяло фактично визначити їх миттєві значення. Усереднені дані для кожного приміщення наведені у табл. 1.

Отримані дані переконливо свідчать, що значні розбіжності у кількісних значеннях рівнів випромінювань за однакових генерацій обумовлені їх перерозподілом усереднені приміщень за рахунок багаторазового відбиття, тобто, за мінімальних значень, наведених у таблиці, частина випромінювання покидає межі приміщення або поглинається будівельними матеріалами та компонентами обладнання, а за максимальних – відбивається від них, формуючи ізотропне електромагнітне поле.

Таблиця 1 – Рівні щільності потоків енергії у приміщеннях різного призначення з однаковою генерацією випромінювань ультрависокої частоти

№ п/п	Щільність потоку енергії W , мкВт/см ²	
	Фон зовнішніх випромінювань	Рівень випромінювань при ввімкнутому джерелі
1	0,20	2,3
2	0,19	2,5
3	0,20	4,3
4	0,25	2,8
5	0,22	3,6
6	0,20	7,8
7	0,24	12,5
8	0,20	16,7

У таких умовах єдиним засобом зниження рівнів таких полів є використання облицювальних матеріалів із великими коефіцієнтами поглинання електромагнітних хвиль визначеної частоти або частотної смуги. Вони можуть використовуватися для зниження впливу на працюючих як випромінювань внутрішніх джерел, так і зовнішніх. Останнє особливо актуально для персоналу аеропортів, працівників підприємств, розташованих поблизу потужних радіопередавальних центрів та у місцях зі складним рельєфом місцевості, де стільники мобільного зв'язку мають малі розміри.

Матеріалам такого складу давно приділяється багато уваги. Зазвичай вони використовуються для технічного захисту інформації та створення безехових приміщень для випробовувань чутливої електронної техніки. Такі поверхні мають клиноподібні або шипоподібні структури, у яких поглинається випромінювання визначеної частоти. Але вони громіздкі і дуже дорогі у виготовленні. Для поверхонь великих площ розроблялися кількашарові структури, у яких використовується резонансне поглинання з розташуванням провідних шарів на відстані один від одного, яка дорівнює чверті падаючої хвилі (екран Солсбері). Усі такі екрани будуються на фундаментальних фізичних принципах і розраховані на поглинання практичного монохромного випромінювання, що не завжди необхідно і достатньо.

В останні роки виконано низку робіт щодо розроблення та дослідження захисних властивостей металополімерних електромагнітних екранів [6]. Такі екрани мають прийнятні загальні коефіцієнти екранування (до 1000), але за їх зростанням різко зростає коефіцієнт відбиття (до 0,3–0,4). Причиною є використання крупнодисперсної металевої компоненти та недостатнє теоретичне опрацювання при розробленні матеріалів.

Найбільш перспективним напрямом робіт зі зниження відбивальних властивостей електромагнітних екранів є, на нашу думку, оптимізація співвідношень магнітних та електричних параметрів.

Хвильовий опір непровідного матеріалу Z визначається як

$$Z = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}}, \quad (1)$$

де μ – магнітна проникність матеріалу, ε – діелектрична проникність.

Обираючи μ та ε таким чином, що Z буде дорівнювати опору вільного простору ($Z_0 = 377$ Ом), ми забезпечимо проходження границі розділу «вільний простір–екран» без відбиття. При цьому металеві включення у матриці повинні забезпечити максимальне поглинання електромагнітної енергії, що визначає загальний коефіцієнт екранування.

Але у реальних виробничих умовах ці процеси складніші. Як показано у [7], для кутів падіння хвиль, відмінних від нормального, коефіцієнт відбиття суттєво змінюється. Розглянемо частоту випромінювання разом з діелектричною проникністю і провідністю матеріалу, тобто зведеною частоту Ω :

$$\Omega = \frac{w \cdot \varepsilon}{\sigma}, \quad (2)$$

де w – частота випромінювання, ε – діелектрична проникність матеріалу, σ – провідність матеріалу.

За різних значень Z виявляється, що мінімальний коефіцієнт відбиття спостерігається за $Z=0,5$. При цьому прийнятні коефіцієнти відбиття (0,2 і менше) спостерігаються для $Z=0,5$ і $\Omega > 1$.

Цей факт треба враховувати при проектуванні електромагнітних екранів і формуванні переліку і вмісту організаційно-технічних заходів з електромагнітної безпеки працюючих.

У багатьох випадках, поряд зі зниженням загального (широкосмугового) випромінювання, необхідне значне зниження випромінювання однієї частоти чи вузької смуги частот.

Для цього нами був розроблений електромагнітний екран з вибірковою поглинанням (рис. 1).

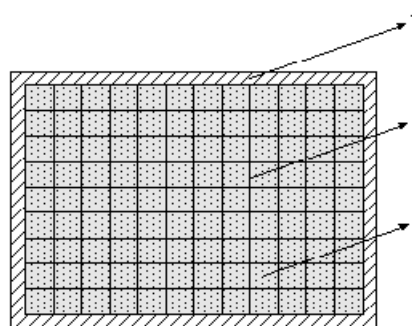


Рисунок 1 – Електромагнітний екран з вибірковою поглинанням електромагнітного випромінювання: 1 – каркас; 2 – металева сітка, з необхідним розміром чарунки; 3 – металополімер

У такому екрані, залежно від необхідних співвідношень загального коефіцієнта екранування, коефіцієнта відбиття, ступеня екранування випромінювання визначеної частоти, обирається матеріал діелектричної матриці, концентрація металевої субстанції у ній та крок регулярної металевої структури.

Регулярну структуру доцільно виготовляти у вигляді металевої сітки з отворами квадратної форми, що зручно із технологічних міркувань. Слід урахувати, що захисні властивості такої структури залежать також від діаметрів дротів, з якої вона виготовлена. Необхідні дані, наприклад для випромінювань засобів мобільного зв'язку стандарту GSM-900 частотою 0,9 ГГц, можна визначити з отриманих нами експериментальних даних (рис. 2).

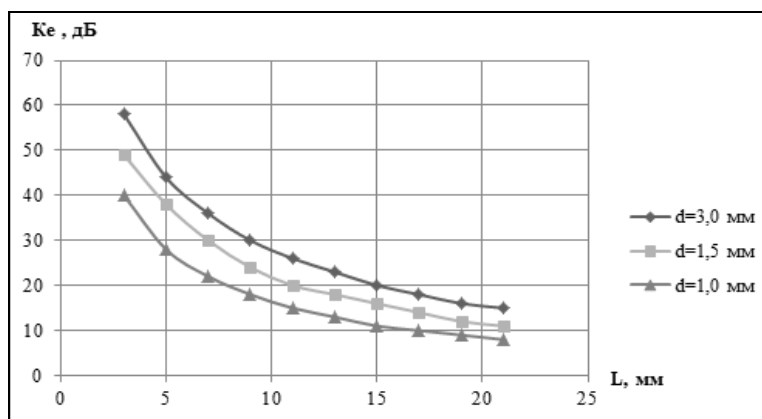


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнтів екранування електромагнітного випромінювання частотою 0,9 ГГц від розміру комірки сітчастої структури, виготовленої з дротів діаметрами 1,0, 1,5 і 3,0 мм

Але при проведенні таких робіт, як на пошуковій, так і на проектній стадіях, слід урахувати можливий вплив проектного матеріалу на інші фактори виробничого середовища. В умовах підвищеного електромагнітного навантаження важливим є синергетичний аспект, тобто одночасний вплив кількох несприятливих факторів. Як показано у [8], як технічні засоби, так і полімерні поверхні, особливо

за умови наявності спрямованого руху повітря, можуть суттєво впливати на такий показник, як концентрація аероіонів у повітрі виробничих приміщень. Електризовані поверхні викликають дрейф й осідання на них як аероіонів, так і заряджених аерозолей та дрібнодисперсного пилу. Дослідження довели, що така електризація може бути критичною і знижувати концентрації аероіонів нижче мінімального

допустимих, включно до повної деіонізації. Тому при обранні полімеру для виготовлення матриці слід урахувати (або експериментально визначати) його спроможність накопичувати статистичну електрику внаслідок трибоелектричних процесів різного походження. Досліди показали, що практично астатичними є поліамідні матеріали всіх марок.

Наведене не виключає впровадження заходів із регулювання концентрацій аероіонів та антистатичного захисту за рахунок керування мікрокліматичними параметрами приміщень у автоматичному режимі (в основному відносно вологістю повітря за нормальних температур). Підтримання аероіонного режиму можливе також із використанням ультразвукових зволожувачів повітря, при застосуванні яких генерація іонів відбувається за рахунок балоелектричного ефекту.

При розробленні технологій виготовлення електромагнітних екранів із використанням полімерів слід урахувати деякі їх особливості. Наприклад, під час розроблення електромагнітного екрану з керованими захисними властивостями [6] було встановлено, що за однакових концентрацій металевої субстанції (дрібнодисперсного алюмінієвого порошку) у матриці з епоксидної смоли за різних режимів затвердіння матеріалу коефіцієнти відбиття та поглинання суттєво відрізнялися. Також було встановлено, що причиною є деформація алюмінієвих пелюстків у процесі полімеризації при різних кількостях затверджувача.

Загальним недоліком майже усіх, принаймні прийнятних за ціною, полімерних матеріалів, є їх деструкція внаслідок природних процесів або атмосферних впливів, тобто бажаним є попереднє з'ясування умов і термінів експлуатації матеріалу, що розробляється. Відомо, що багато синтетичних матеріалів, особливо за термічних впливів, є джерелами шкідливих хімічних речовин, тому це також треба враховувати у випадках, коли екран буде використовуватися у приміщеннях постійного або тимчасового перебування людей.

Слід також урахувати факт підвищення потужності випромінювання засобів мобільного зв'язку в умовах часткової екранізації приміщень будівельними матеріалами та масивним металевим обладнанням (табл. 2).

Таблиця 2 – Рівні випромінювань телефонів у приміщеннях з частковою екранізацією випромінювань базових станцій

Телефон	Щільність потоку енергії w , мкВт/см ²			
	За межами приміщення		У приміщенні	
	Пошук зв'язку	Розмова	Пошук зв'язку	Розмова
1	10	1,5	34	12
2	8	0,09	28	14
3	12	0,07	28	11
4	19	0,08	36	12

При цьому у таблиці надано найбільш типові співвідношення. При вимірюваннях як під час пошуку зв'язку, так і під час розмови реєструвалися значення 130–25 мкВт/см², що більш ніж у 10 разів перевищує гранично допустимі рівні.

Таким чином, для впровадження засобів захисту приміщень, у яких виробничою потребою є постійне використання мобільного зв'язку, необхідно забезпечувати мінімально необхідні рівні зв'язку з базовими станціями. Це ж стосується і транкінгового зв'язку.

У таких умовах невідворотною є потреба у розв'язанні задачі оптимізації. Це може базуватися виключно на результатах ретельного обстеження електромагнітної обстановки. З урахуванням різноманітності будівельних матеріалів, технологічного обладнання та його розміщення, є доцільним створення спеціального програмного забезпечення, що значно спростить процедуру розроблення і впровадження електромагнітного екранування, принаймні у виробничих умовах.

Попередні дослідження показали, що поглинальні властивості металоолімерних матеріалів значною мірою залежать не тільки від концентрації металевих включень у полімерній матриці, а й від їх дисперсності. Ознайомлення з дослідженнями у галузі фізики конденсованого стану [9] дозволило дійти висновку про перспективність використання наноструктур як поглинального наповнювача полімерних матеріалів. Це є предметом подальших досліджень.

ВИСНОВКИ. Найбільш перспективним напрямом робіт зі зниження впливу на працюючих електромагнітних випромінювань ультрависоких і вищих частот є створення захисних матеріалів із малими (меншими за 0,2) коефіцієнтами відбиття електромагнітних хвиль.

Теоретичними засадами створення ширококутових поглинальних електромагнітних екранів є узгодження електрофізичних параметрів поглинальної структури з середовищем розповсюдження електромагнітних хвиль, за якою коефіцієнти відбиття прийнятні для найбільш критичних частот і розумно достатні.

За наявності монохромного або вузькосмугового випромінювання високої інтенсивності доцільно виготовляти і впроваджувати електромагнітні екрани з вибірконими поглинаннями із попереднім розрахуванням як концентрації металевої субстанції у полімерній матриці, так і кроку (розміру) регулярної провідної структури.

При проектуванні та виготовленні захисних поверхонь великих площ необхідно оцінювати і враховувати їх вплив на інші фактори виробничого середовища. Найбільш критичними з них є зміна аероіонізації повітря внаслідок електризації матеріалу.

Перспективним напрямом підвищення ефективності електромагнітних композитних екранів є використання для їх виготовлення провідних наноструктур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Думанський Ю.Д., Павлик В.М. Методика розрахунку гігієнічно безпечної зони покриття базової станції систем рухомого зв'язку // Гігієна населених місць. – 2007. – Вип. 49. – С. 226–230.
2. Галак С.С. Гігієнічна оцінка електромагнітного випромінювання, що створюється базовими станціями та мобільними телефонами стандарту DCS-1800 // Гігієна населених місць. – 2014. – Вип. 64. – С. 71–82.

3. Результати досліджень просторового розподілу рівнів електромагнітного випромінювання від засобів передачі даних типу Wi-Fi / Ю.Д. Думанський, С.В. Біткін, В.Ю. Думанський // Гігієна населених місць. – 2013. – Вип. 61. – С. 86–195.

4. Про затвердження плану заходів щодо дерегуляції господарської діяльності // Розпорядження КМ України від 18.03.215 № 357-Р.

5. Електромагнітний фон базових станцій рухомого зв'язку і напрямки його зниження / С.С. Галак, В.М. Павлик, А.П. Безверха // Гігієна населених місць. – 2012. – Вип. 60. – С. 204–207.

6. Патент 74857 Україна, МПК G12B17/00. Електромагнітний екран з керованими захисними властивостями / В.А. Глива, М.В. Назаренко, І.М. Подобед, О.Л. Матвеева, О.В. Панова; заявл. 12.05.2012; опубл. 12.11.2012, Бюл. № 21.

7. Защитные экраны и поглотители электромагнитных волн / О.С. Островский, Е.Н. Одаренко, А.А. Шматко // Физическая инженерия поверхности. – 2003. – Т. 1, № 2. – С. 161–173.

8. Сукач С.В., Левченко Л.О. Электромагнитні поля як фактор впливу на мікрокліматичні параметри середовища // Електромеханічні та електротехнічні системи: щоквартальний науково-практичний журнал. – 2015. – Вип. 3. – С. 176–182.

9. Зотов И.С. Исследование электродинамических характеристик композитных материалов с регуляторами структурами: автореф. дис...канд. ф.-м. наук: 01.04.07. Физика конденсированного состояния / Зотов Илья Станиславович. – Челябинск, 2011. – 18 с.

PRIORITY AREAS FOR PROTECT EMPLOYEES FROM ELECTROMAGNETIC RADIATION ULTRAHIGH AND HIGHER FREQUENCY

V. Kovalenko, O. Tykhenko

National Aviation University
prosp. Komarova, 1, Kiev, 03058, Ukraine. E-mail okstih@ua.fm

L. Levchenko

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

Purpose. Determining the most effective and rational measures and protection of employees from the impact of electromagnetic radiation considering of ecological opportunities of their implementation have been studied.

Methodology. We have conducted the integral index measuring energy flux density in the range of 0,3-3,0 GHz and determining space distribution of electromagnetic fields in the workplace of buildings constructed with different building materials, different numbers and sizes of metal processing equipment. Measurements of external radiation and background radiation levels inside the premises when test sources switched the accounted for 0.2-0.3 min, which allowed effectively determine their the instantaneous value. **Results.** The features reduce electromagnetic load on employees from radiation sources ultrahigh and higher frequencies has been studied. The most effective and rational measures and means of protection employees from the effects of electromagnetic radiation on the basis ecological possibility of their implementation. It has been proved that the most perspective direction to reducing the impact of electromagnetic radiation ultrahigh and higher frequencies on the workers, is to create a protective material with specific coefficients electromagnetic wave reflection. **Originality.** In the design and production of protective surfaces of large areas must be assessed and taken into account the effect of other factors on the working environment, has been established. **Practical value.** Protection of employees from the impact of electromagnetic radiation and ultrahigh higher frequency appropriate protective material. References 9, figure 1, table 2.

Key words: electromagnetic radiation, ultrahigh frequency, electromagnetic screen, the absorption coefficient of electromagnetic waves, shielding coefficient.

REFERENCES

1. Dymanskyi, Yu.D. (2007), "Metodyka rozrachunku gigiyenichno bezpechnoyi zony pokryttya bazovoyi stanciyi system ruxomogo zvyazku", *Gigiyena naselenykh miscz*, no. 49, pp. 226–230.

2. Galak, S.S. (2014), "Gigiyenichna ocinka elektromagnitnogo vyprominyuvannya, shho stvoryuyetsya bazovymy stanciyamy ta mobilnymy telefonamy standrtu DCS-1800", *Gigiyena naselenykh miscz*, no. 64, pp. 71–82.

3. Dymanskyi, Yu.D. (2013), "Rezultaty doslidzhen prostorovogo rozpodilu rivniv elektromagnitnogo vy'prominyuvannya vid zasobiv peredachi danykh typu Wi-Fi", *Gigiyena naselenykh miscz*, no. 61, pp. 86–195.

4. *Pro zatverzhennya planu zaxodiv shhodo deregulyaciyi gosподarskoyi diyalnosti* [Rozporядzhennya KМ Ukrayiny vid 18.03.215 no. 357-R].

5. Galak, S.S. (2012), "Elektromagnitnyj fon bazovykh stancij ruxomogo zvyazku i napryamky jogo

znyzhennya", *Gigiyena naselenykh miscz*, no. 60, pp. 204–207.

6. Glyva, V.A., Nazarenko, M.V., Podobed I.M., Matvyeyeva O.L., Panova O.V. Patent 74857 Ukraine, МПК G12B17/00. *Elektromagnitnyj ekran z kероваными zaxysnymy vlastyvostyamy*, (Ukraine); Declared 12.05.2012; Published 12.11.2012, Bul. no. 21.

7. Ostrovskiy, O.S. (2003), "Zashhytnue ekranu y poglotytely elektromagnitnykh voln", *Fyzycheskaya ynzhenerya poverxnosti*, vol. 1, no. 2, pp. 161–173.

8. Sukach, S.V. (2015), "Elektromagnitni polya yak faktor vplyvu na mikroklimatychni parametry seredovyshha", *Electromechanical and energy saving systems: Scientific production journal*, no. 3, pp. 176–182.

9. Zotov, I.S. (2011), "Yssledovanye elektrodynamicheskyykh karakterystyk kompozitnykh materialov s regulyarnymy strukturamy" avtoref. dys. kand. f.-m. nauk: 01.04.07. Fyzyka kondensirovannogo sostoyaniya, Chelyabynsk, Russia.

Стаття надійшла 03.10.2016.