

ОБҐРУНТУВАННЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗОН ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ В ЕКРАНОВАНОМУ СЕРВЕРНОМУ ПРИМІЩЕННІ

© Гоблик В.В., Павлиш В.А., Ніколаєв Д.А., 2012

Наведено результати обґрунтування локалізації небезпечних зон витоку інформації в екранованому серверному приміщенні. Продемонстровано, що опис електромагнітної обстановки у серверному приміщенні на основі класичної моделі у вигляді прямокутного об’ємного резонатора помітно відрізняється від опису, побудованого на основі варіаційних методів для внутрішніх задач електродинаміки, який адекватніший реальній фізичній обстановці.

Ключові слова: серверне приміщення, розподіл електромагнітного поля, витік інформації

Justification of the area localisation with data leak hazard in a shielded server room is provided in this paper. The difference between classic rectangular cavity model and more appropriate by its physical and spatial description technique based on variational methods for internal problems of electrodynamics is illustrated by an example.

Key words: server room, electromagnetic field distribution, data leak prevention

Вступ

Відомо [1], що екранування серверного приміщення (СП) є одним із ефективних методів захисту інформації від її витоку через радіоканал. Проте навіть для ідеального випадку, коли екран виготовлено із надпровідного матеріалу у суцільному виконанні, потенційно існує загроза несанкціонованого витоку інформації із приміщення через непередбачені технічні канали. Одним із таких каналів може бути несанкціонована організація витоку електромагнітних коливань за межі контрольованої зони СП через прихований зонд у вигляді відрізка центрального провідника коаксіальної лінії або тонкої щілини, прорізаної в екрані. Функціонування таких пристроїв може бути організовано з порушенням цілісності екрана в місці формування пучності електромагнітного поля, що збуджується всередині СП гармоніками електричних струмів, якими переноситься інформація у вузлах та блоках сервера. Тому актуальною є задача – передбачити під час розроблення заходів із захисту інформації від несанкціонованого витоку із СП потенційні варіанти втручання у внутрішній простір СП та виявити небезпечні області, в яких утворюються пучності напруженості електромагнітного поля.

1. Огляд останніх досліджень

Вивчення електромагнітної обстановки всередині СП нині становить складну науково-технічну проблему, незважаючи на те, що її розв’язанню присвячено не один десяток робіт як вітчизняних, так і зарубіжних спеціалістів. Одним із перших звернув увагу на складність електромагнітної обстановки в приміщенні лауреат Нобелівської премії з фізики Роберт Фейнман. Його глибоке бачення проблеми, викладене 50 років тому на шести сторінках знаменитої серії «Фейнманівські лекції з фізики» [2], вражає актуальністю та далекоглядністю і проявляється в багатьох сучасних дослідженнях. Завдяки необоротним процесам, що відбуваються на Сонці та в атмосфері, а також антропогенній діяльності людини проблема формування та контролю електромагнітної обстановки в приміщенні вийшла далеко за його межі й охоплює широке коло задач як прикладного, так і теоретичного характеру, які мають важливе прикладне значення для вирішення

широкого кола проблем екологічного та правового характеру, технічного захисту інформації, охорони здоров'я людини, медико-біологічних, морально-етичних та соціально-економічних задач.

Якщо не претендувати на повноту огляду наукових робіт, можна стверджувати, що проблема дослідження електромагнітного поля в складних середовищах, яким є СП, уже сформульована на рівні вимог до дисертаційних досліджень та наукових статей у вигляді комплексу структурованих взаємопов'язаних задач, значна частина яких ще очікує на свій розв'язок [3–7]. Запропоновані ефективні методи вирішення проблеми, серед яких вигідно виділяються методи математичного моделювання, орієнтовані на використання варіаційних методів (метод різниць, скінченних елементів тощо) [8]. Разом з тим можна зробити висновок, що проблема моделювання електромагнітної обстановки в складному середовищі, зокрема в екранованому СП, має значний потенціал актуальних і досі не розв'язаних задач [6].

Наведемо приклад. У наш час існує поширене переконання, що електромагнітну обстановку в екранованому СП (рис. 1) адекватно до задач технічного захисту інформації описує модель у вигляді об'ємного прямокутного резонатора з ідеально провідними стінками (рис. 2) [9, 10]. В роботі [9], наприклад, подано детальний опис електромагнітного процесу всередині резонатора в режимі власних коливань. На основі цієї моделі пропонується серія екранованих камер стандартних розмірів, яким властиві відповідні резонансні частоти та типи коливань. Рекомендується для зменшення ризику витоку інформації із СП підібрати варіант екранованого серверного приміщення з такими розмірами, щоб забезпечити частотне рознесення діапазонів випромінювання обладнання і власних частот камери. Проте такий підхід може бути актуальним, якщо поставити за мету сформулювати в першому наближенні уявлення про те, як внаслідок інтерференції хвиль всередині резонатора (камери) локалізуються згустки електричної чи магнітної складової електромагнітного поля [11] й обґрунтувати на науковій основі, що такі згустки потенційно небезпечні для утворення каналу несанкціонованого витоку інформації або порушення її цілісності. Проте згадана модель є далекою від реальної фізичної ситуації і потребує розроблення нових, адекватніших практичним потребам математичних моделей для опису електромагнітної обстановки у екранованому СП приміщення з урахуванням його складного внутрішнього облаштування.

2. Постановка завдання та формулювання цілей статті

Метою цього розділу є демонстрація на конкретних прикладах з числовими розрахунками на основі варіаційних методів [9] недоліків спрощеного підходу до моделювання особливостей розподілу поля в екранованих СП із застосуванням моделі у вигляді об'ємного прямокутного резонатора в режимі існування власних електромагнітних коливань.

Для цього необхідно:

1. Побудувати картину розподілу напруженості електричного поля для власних коливань, наприклад, для коливань типу H_{303} в прямокутному резонаторі з ідеально провідними стінками.

2. Для перевірки адекватності моделі згаданого резонатора реальній фізичній ситуації навести розрахунок розподілу електромагнітного поля в екранованому СП з розмірами конструкції екранованої камери, які відповідають розмірам моделі у вигляді резонатора, дотримуючись умови, що частота активного джерела електромагнітних коливань в СП відповідає резонансній частоті власних коливань резонатора для типу коливань H_{303} .

3. Обґрунтувати числовими розрахунками локалізацію небезпечних зон витоку інформації в екранованому СП із заданою конфігурацією розстановки серверів; методами комп'ютерного моделювання підтвердити гіпотезу про формування в СП локальних просторових об'ємів, в яких спостерігається резонансне накопичення енергії електромагнітного поля або його екранування, що важливо для прогнозування дислокації небезпечних зон витоку інформації на частотах, які відрізняються від частот власних коливань прямокутного резонатора з ідеально провідними стінками і внутрішнім середовищем, вільним від будь-яких матеріальних об'єктів.

3. Моделювання розподілу поля в серверному приміщенні

3.1. Методи моделювання та результати

На рис. 1 наведено вигляд екранованого СП, а на рис. 2 – його спрощену модель у вигляді об'ємного прямокутного резонатора з ідеально провідними стінками і вільним від матеріальних об'єктів середовищем, з відносно діелектричною проникністю вакууму $\epsilon_0 = 1$. Нехай конструкція резонатора визначається розмірами: $a = 5$ м, $l = 7$ м, $b = 3$ м.



Рис. 1. Екрановане серверне приміщення

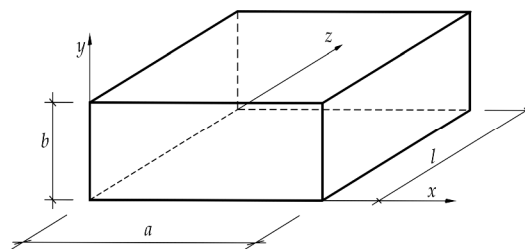


Рис. 2. Прямокутний резонатор

Нехай далі в екранованому СП встановлено в два ряди вісім серверних стійок (рис. 3). Конструкція серверної шафи, в яку вмонтовано сервери, наведена на рис. 4. Елементи конструкції серверної шафи описуються такими електричними параметрами: провідність всіх металевих провідників $\sigma = \infty$, відносна діелектрична проникність дверей шафи $\epsilon_a = 7$. Джерело електромагнітного випромінювання задане у вигляді смужки завширшки 60 см синфазного електричного струму, що протікає на передній стінці сервера (рис.1) вздовж нормалі до підлоги СП.

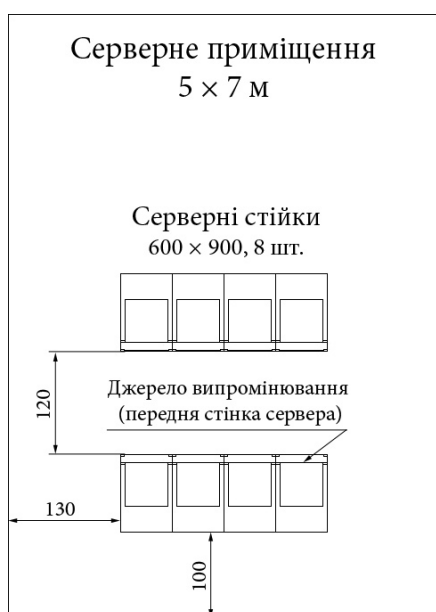


Рис. 3. План серверного приміщення

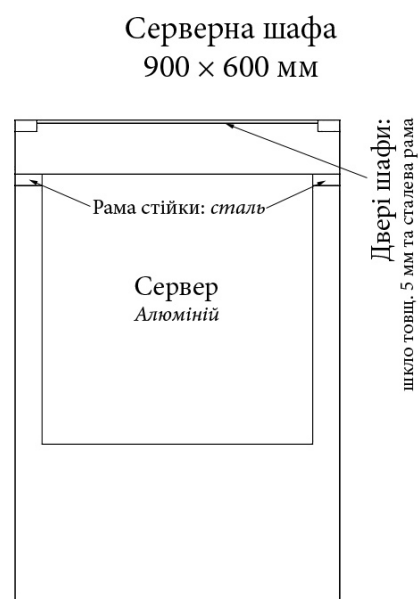


Рис. 4. Конструкція серверної шафи

Спрощена математична модель екранованого серверного приміщення (рис. 2) описує тільки особливості формування власних коливань в екранованому СП прямокутної форми за умови, що екран виготовлено з надпровідного матеріалу. На основі співвідношення (1) [12] розроблена комп'ютерна програма в середовищі МАТЛАБ і побудовано розподіл електричної складової напруженості електромагнітного поля \mathbf{E}_{yp} в об'ємному прямокутному резонаторі для хвиль магнітного типу \mathbf{H}_{303} (рис. 5, а) [11].

$$\vec{E}_{yp} = \frac{2L}{g_{mn}^2} C_1 B \sin(Ax) \cos(By) \sin(Lz), \quad (1)$$

де $g_{mn}^2 = \left(\frac{mp}{a}\right)^2 + \left(\frac{np}{b}\right)^2$; $W = w_p e_a$; $C_1 - const$; $A = mp/a$; $B = np/b$; $L = pp/l$; m, n, p — цілі числа; w_p — колова частота; e_a — діелектрична проникність середовища.

Далі, з використанням комп'ютерної програми, розробленої в середовищі МАТЛАБ [11, 13] на основі варіаційно-різницевого методу [8] виконано розрахунки розподілів електричної складової напруженості електромагнітного поля \vec{E}_{yp} для хвиль магнітного типу в екранованому СП, що містить серверні стійки з вмонтованими серверами (рис. 3, 4).

Розглянуто варіанти «А» та «Б» планування СП. Варіант «А» подано на рис. 3, а варіант «Б» — те саме, що на рис. 3, вирізняється лише тим, що обидві серверні стійки зсунуті додатково вгору на 65 см відносно попереднього місця їх розташування.

3.2. Дослідження особливостей формування поля всередині СП для двох варіантів розміщення серверів

На рис. 5, а–с наведено результати комп'ютерного моделювання розподілу поперечної складової поля \vec{E}_{yp} у об'ємному прямокутному резонаторі та серверному приміщенні для частоти електромагнітних коливань $f = 110$ МГц. На рис. 5, а наведено розподіл поля власних коливань, а на рис. 5, б та 5, с – розподіл поля у серверному приміщенні за варіантами «А» та «Б», відповідно. На рис. 6, а–с зображено об'ємний розподіл поля.

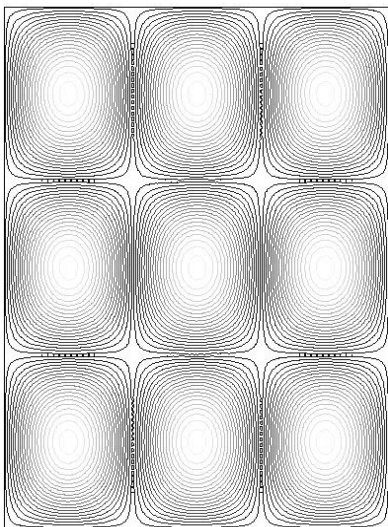


Рис. 5а. Поле власних коливань резонатора ($f = 110$ МГц, H_{303})

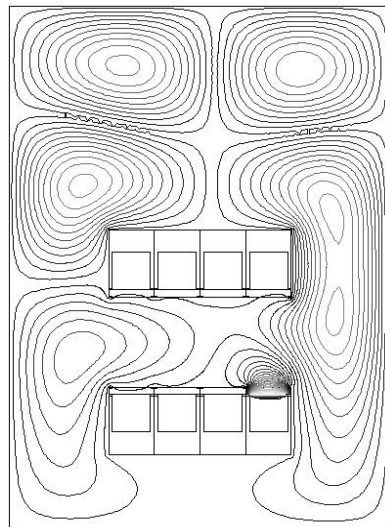


Рис. 5б. Розподіл поля в СП, варіант «А» ($f = 110$ МГц)

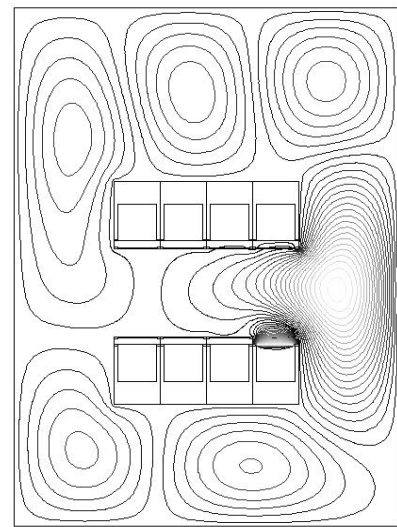


Рис. 5с. Розподіл поля в СП, варіант «Б» ($f = 110$ МГц)

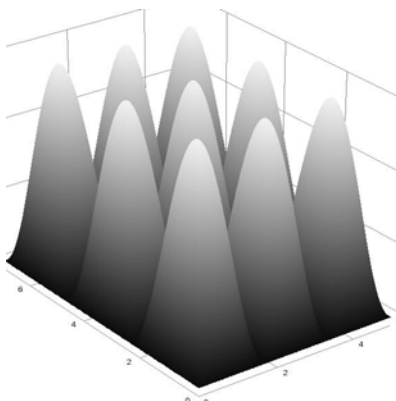


Рис. 6а. Об'ємний розподіл поля резонатора ($f = 110$ МГц, H_{303})

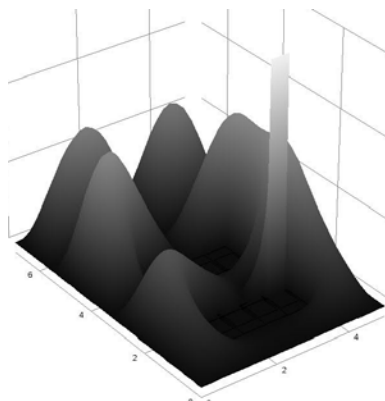


Рис. 6б. Об'ємний розподіл поля в СП, варіант «А», $f = 110$ МГц

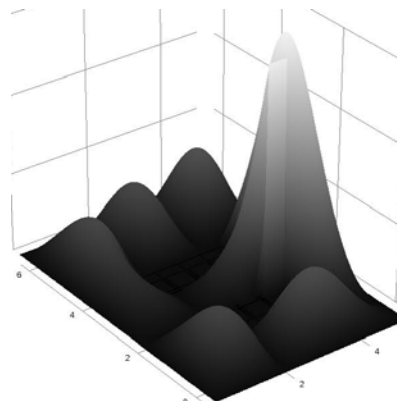


Рис. 6с. Об'ємний розподіл поля в СП, варіант «Б», $f = 110$ МГц

На рис. 7–9 для варіантів «А» та «Б» наведено результати моделювання картини розподілу поля в СП на частотах джерела випромінювання $f = 125; 145; 150$ [МГц]. В процесі дослідження виявлено характерні ефекти просторового розподілу електромагнітного поля в СП для заданих варіантів розміщення серверів (ефекти екранування поля та аномальна концентрація його густини).

3.3. Дослідження ефектів екранування локальних просторових об'ємів у серверному приміщенні

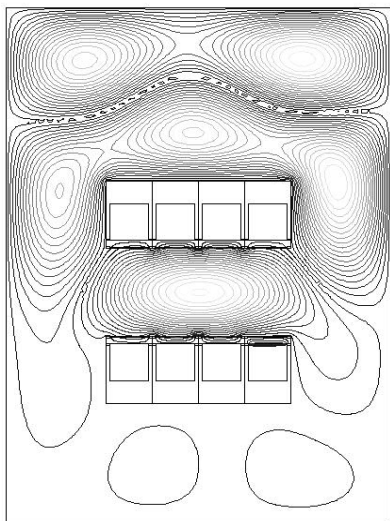


Рис. 7а Розподіл поля в СП, варіант «Б» $f = 125$ МГц

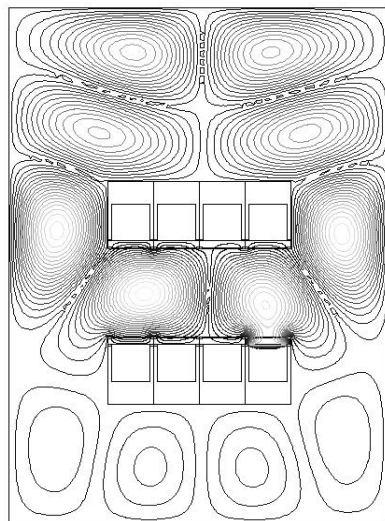


Рис. 8а. Розподіл поля в СП, варіант «Б» $f = 145$ МГц

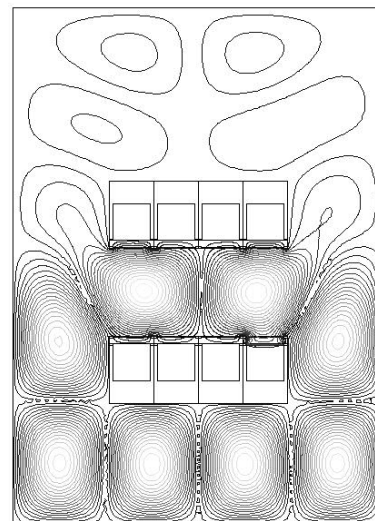


Рис. 9а. Розподіл поля в СП, варіант «Б», $f = 150$ МГц

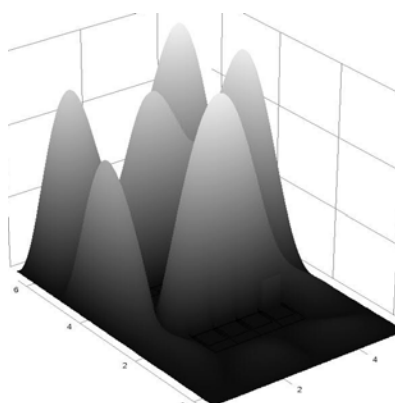


Рис. 7б. Об'ємний розподіл поля в СП, варіант «Б» $f = 125$ МГц

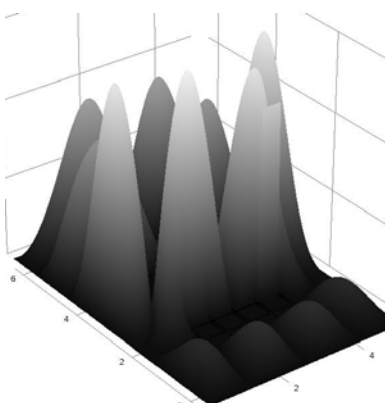


Рис. 8б. Об'ємний розподіл поля в СП, варіант «Б», $f = 145$ МГц

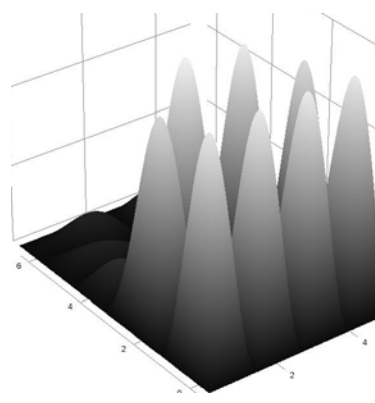


Рис. 9б. Об'ємний розподіл поля в СП, варіант «Б», $f = 150$ МГц

Аналіз отриманих результатів та висновки

Порівняльний аналіз одержаних результатів моделювання розподілу електромагнітних полів в екранованому серверному приміщенні дає змогу сформулювати такі висновки:

1. У наш час зросли вимоги до методів моделювання електромагнітної обстановки всередині екранованого серверного приміщення, що підсилює актуальність розроблення нових ефективних математичних та комп'ютерних моделей для дослідження розподілу електромагнітного поля всередині приміщень.

2. Математичні моделі на основі об'ємного прямокутного резонатора, які дають змогу знайти розподіл поля власних коливань та розрахувати власні частоти резонатора, вичерпали свій потенціал для науково-технічного обґрунтування заходів з технічного захисту інформації від її несанкціонованого витоку через електромагнітні канали, не відповідають рівню та складності задач дослідження електромагнітної обстановки в сучасних серверних приміщеннях, не дозволяють оцінити дислокацію небезпечних електромагнітних зон для здоров'я персоналу та задач захисту інформації.

3. В екранованих серверних приміщеннях, розробляючи плани розташування електронно-обчислювальної техніки та їх компонентів, необхідно спрогнозувати картину розподілу електромагнітного поля, що створюється елементами та компонентами серверного обладнання для: а) врахування небезпечних зон витоку інформації через приховані пасивні електромагнітні зонди; б) виявлення патогенних зон, шкідливих для здоров'я людини; в) виявлення зон аномально низького рівня напруженості електромагнітних полів, які є результатом ефекту екранування на певних частотах окремих просторових об'ємів для організації екологічно чистих робочих місць.

4. Для розроблення математичних моделей, що описують складну електромагнітну обстановку в пасажирському транспорті, у навчальних аудиторіях, в серверних приміщеннях, яка створюється неконтрольованим електромагнітним випромінюванням різних частот та різного походження – як природного, так і антропогенного, особливо перспективними методами є проєкційні методи електродинаміки та їхні різновиди.

1. Ленков С. В. *Методы и средства защиты информации. В 2-х т.* / С. В. Ленков, Д. А. Перегудов, В. А. Дорошко; под ред. В. А. Хорошко. – К.: Арий, 2008. Том 1. Несанкционированное получение информации. – 464 с., ил. 2. Фейнман Р. *Фейнмановские лекции по физике. В 9 т.* / Фейнман Р., Лейтон Р., М. Сэндс. – М.: Мир, 1977. Том 6. Электродинамика. 347 с., ил. 3. Белов И. В. *Моделирование высокочастотных электромагнитных полей внутри помещений: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. физ.-мат. наук : спец. 05.13.18 «Теоретические основы математического моделирования, численные методы и комплексы программ»* / Белов Илья Владимирович. – М.: Институт математического моделирования Российской академии наук, 1999. – 20 с. 4. Сахацький В. Д. *Розвиток методів та засобів контролю і захисту навколишнього середовища від електромагнітних випромінювань: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.11.13 «Прилади і методи контролю та визначення складу речовини»* / Сахацький Віталій Дмитрович; НТУ «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2001. – 33 с. 5. Маслов М. Ю. *Исследование электромагнитных полей в помещениях для целей электромагнитной безопасности : автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.12.07 «Антенны, СВЧ-устройства и их технологии»* / Маслов Михаил Юрьевич; Институт математического моделирования Российской академии наук. – Самара, 2007. – 20 с. 6. Гоблик В. В. *Науково-прикладні проблеми моделювання розподілу поля декількох мобільних телефонів в місцях зосередження людей* / В. В. Гоблик, Д. А. Ніколаєв, В. А. Павлиш., Є. І. Яковенко // 3-й міжнародний радіоелектронний форум «Прикладна радіоелектроніка. Стан та перспективи розвитку» МРФ-2008: Зб. наук. пр. Том IV, Конференція «Актуальні проблеми біомедичної інженерії». – Харків: АНПРЕ, ХНУРЕ, 2008. С. 171–174. 7. Муценко В. И. *Электродинамическое моделирование излучающих структур, расположенных внутри экранированных сооружений* // Вестник СО-НИИР. 2002. – № 1. – С. 71–75. 8. Никольский В. В. *Вариационные методы для внутренних задач электродинамики* / В. В. Никольский. – М.: Наука, Главн. ред. физ.-мат. лит., 1967. – 460 с. 9. Белокурський Ю. П. *Технології захисту інформації GSM – каналів зв'язку* / Ю. П. Белокурський, О. Ю. Іохов, В. С. Козлов, О. О. Щербіна // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ДП «ЦНДІНУ», 2012. – Вип. 1(21), том 2. – С. 246–251. 10. *Погребенник В. Д. Розроблення класифікації електромагнітних екранів будівель і приміщень* / В. Д. Погребенник, Н. В. Пігур // Автоматика, вимірювання та керування : [збірник наукових праць] / відповідальний редактор В. Б. Дудикевич. – Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2011. – 148 с // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – № 695. – С. 58–64. 11. Гоблик В. В. *Моделювання розподілу поля в екранованому приміщенні* / Гоблик В. В., Павлиш В. А. // Матеріали 1-ї міжнародної науково-технічної конференції "Захист інформації і безпека інформаційних систем". – Львів, 2012. – С. 194–195. 12. Фёдоров Н. Н. *Основы электродинамики* / Н. Н. Фёдоров. М.: Высш. школа, 1980. – 399 с. 53. 13. Гоблик Н. М. *MATLAB в инженерных расчётах. Компьютерный практикум: навч. посіб.* / Н. М. Гоблик, В. В. Гоблик. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 132 с.