

В. В. Гоблик, В. А. Павлиш, Д. А. Ніколаєв,
Національний Університет «Львівська політехніка»
Кафедра електронних засобів інформаційно-комп'ютерних технологій

ОБҐРУНТУВАННЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗОН ВИТОКУ ІНФОРМАЦІЇ В ЕКРАНОВАНОМУ СЕРВЕРНОМУ ПРИМІЩЕННІ

© Гоблик В. В., Павлиш В. А., Ніколаєв Д. А., 2015

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.

Keywords — server room, electromagnetic field distribution, data leak prevention

У статті наведені 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 є більш адекватний реальній фізичній обстановці.

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

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 екрану в місці формування пучності електромагнітного поля, що збуджується в середині СП гармоніками електричних струмів, якими переноситься інформація у вузлах та блоках сервера. Тому актуальною є задача передбачити при розробці 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 в середині СП представляє на даний час складну науково-технічну проблему, незважаючи на те, що її розв'язку присвячено не один десяток робіт як вітчизняних так і зарубіжних спеціалістів. Одним із перших звертає 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 незворотним 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 і охоплює широке коло задач як прикладного так і теоретичного характеру, які мають важливе прикладне значення для

розв'язку 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 розв'язку проблеми, серед яких вигідно виділяються методи математичного моделювання, орієнтовані на використання варіаційних методів (метод різниць, скінчених 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 до сих пір не розв'язаних задач [6].

Наведемо приклад. На даний час існує поширене переконання, що електромагнітну обстановку в екранованому СП (рис. 1) адекватно задачам технічного захисту інформації описує модель у вигляді об'ємного прямокутного резонатора з ідеально-провідними стінками (рис. 2) [9, 10]. В роботі [9], наприклад, дається детальний опис електромагнітного процесу в середині резонатора в режимі власних коливань. На основі даної моделі пропонується серія екранованих камер стандартних розмірів для яких 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 уяву про те, як внаслідок інтерференції хвиль всередині резонатора (камери) локалізуються згустки електричної чи магнітної складової електромагнітного поля [11] і обґрунтувати на науковій основі, що такі згустки є потенційно небезпечні для утворення каналу несанкціонованого витоку інформації, або порушення її цілісності. Проте, згадана модель є далекою від реальної фізичної ситуації і потребує розробки нових, більш адекватних практичним потребам математичних моделей для опису електромагнітної обстановки у екранованому СП приміщення зі врахуванням його складного внутрішнього облаштування.

2. Постановка завдання та формулювання цілей статті

Метою даного розділу є демонстрація на конкретних прикладах числовими розрахунками на основі варіаційних методів [9] недоліки 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 з 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 вирізняються від частот власних коливань прямокутного резонатора з ідеально провідними стінками і внутрішнім середовищем, вільним від любых 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 спрощена модель у вигляді об'ємного прямокутного резонатора з ідеально провідними стінками і вільним від матеріальних об'єктів середовищем, з відносною діелектричною проникністю вакууму $\epsilon_0 = 1$. Нехай конструкція резонатора визначається розмірами: $a = 5$ м, $l = 7$ м, $b = 3$ м.

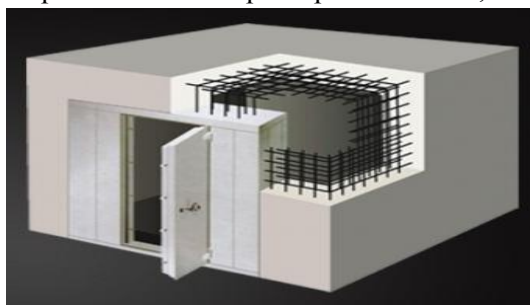


Рис. 1. Екрановане серверне приміщення

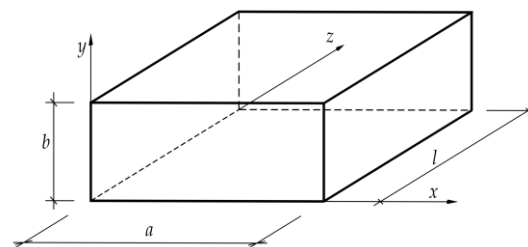


Рис. 2. Прямокутний резонатор

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

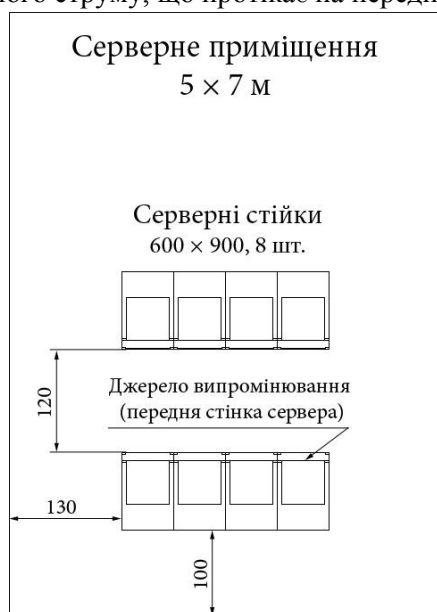


Рис.3. План серверного приміщення

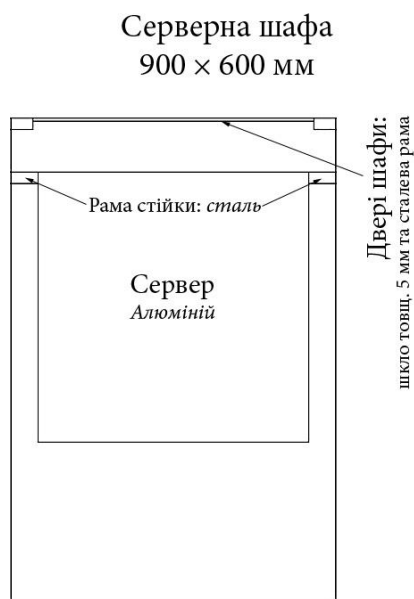


Рис.4 Конструкція серверної шафи

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 $\vec{E}_{ур}$ в об'ємному прямокутному резонаторі для хвиль магнітного типу \mathbf{H}_{303} (рис. 5а) [11].

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

де: $g_{mn}^2 = \left(\frac{m\pi}{a}\right)^2 + \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2$; $W = \omega_p \varepsilon_a$; $C_1 - const$; $A = m\pi / a$; $B = n\pi / b$; $L = p\pi / l$

m, n, p — цілі числа; ω_p — колова частота; ε_a — діелектрична проникність середовища.

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

Розглянуті 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 по відношенню до попереднього місця їх розташування.

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

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

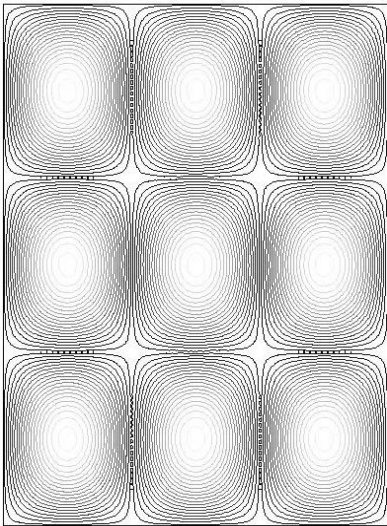


Рис. 5а. Поле власних коливань резонатора ($f = 110$ МГц, H_{303})

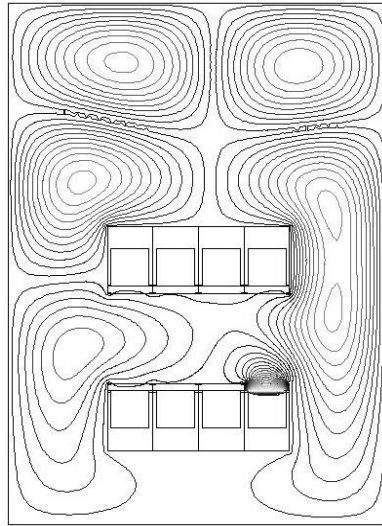


Рис. 5б. Розподіл поля в СП, варіант «А» ($f = 110$ МГц)

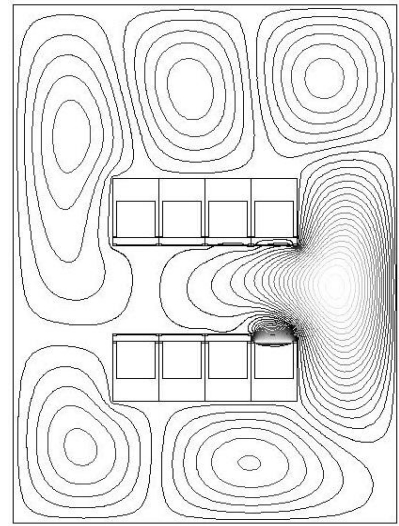


Рис. 5с. Розподіл поля в СП, варіант «Б» ($f = 110$ МГц)

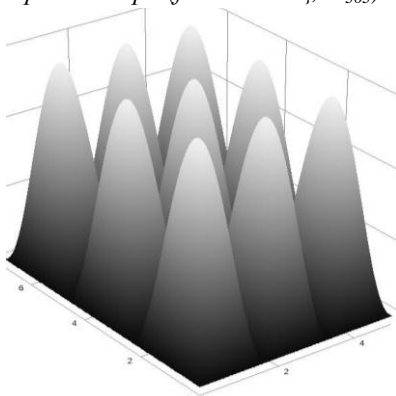


Рис. 6а. Об'ємний розподіл поля резонатора ($f = 110$ МГц, H_{303})

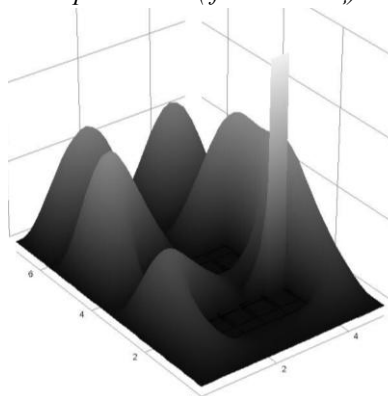


Рис. 6б. Об'ємний розподіл поля в СП, варіант «А», $f = 110$ МГц

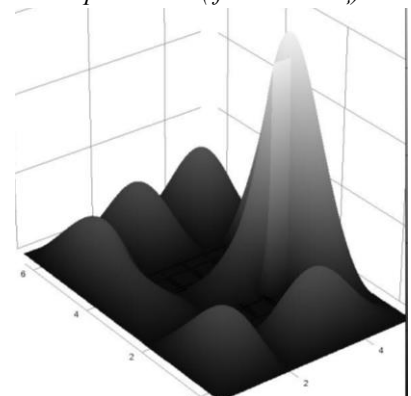


Рис. 6с. Об'ємний розподіл поля в СП, варіант «Б», $f = 110$ МГц

На рис. 7-9 для варіантів «А» та «Б» наведені результати моделювання картини розподілу поля в СП на частотах джерела випромінювання $f = 125; 145; 150$ [МГц]. В процесі дослідження виявлені 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 в серверному приміщенні

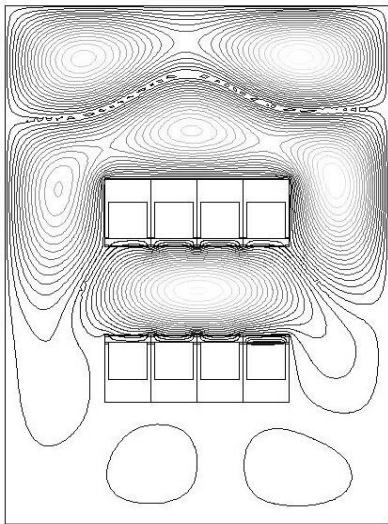


Рис. 7а Розподіл поля в СП, варіант «Б» $f = 125$ МГц.

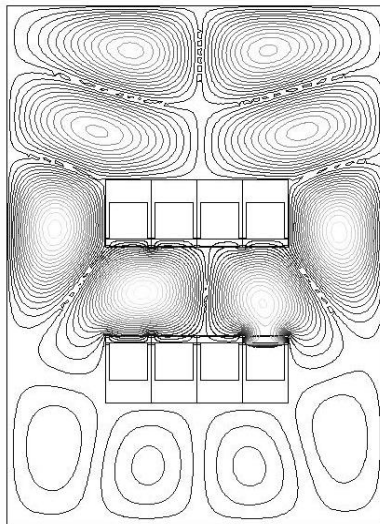


Рис. 8а. Розподіл поля в СП, варіант «Б» $f = 145$ МГц

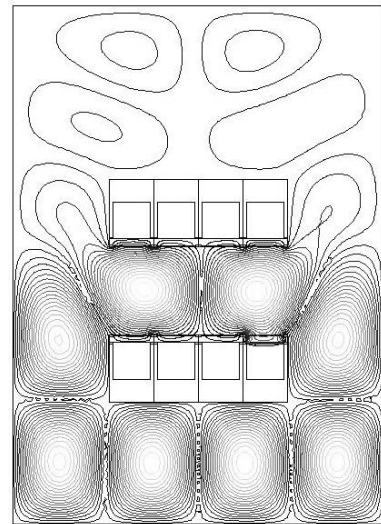


Рис. 9а. Розподіл поля в СП, варіант «Б» $f = 150$ МГц

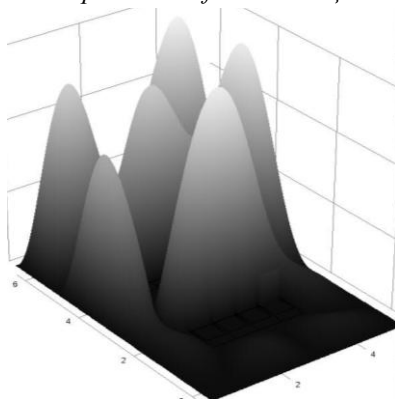


Рис. 7б. Об'ємний розподіл поля в СП, варіант «Б» $f = 125$ МГц

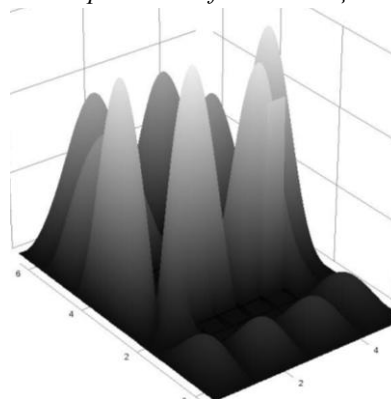


Рис. 8б. Об'ємний розподіл поля в СП, варіант «Б», $f = 145$ МГц

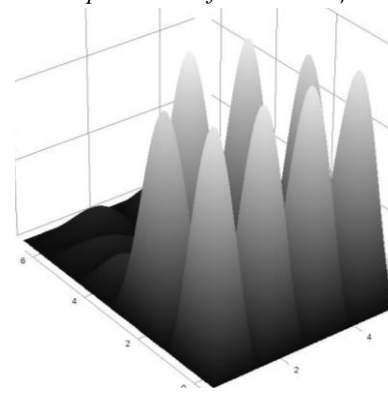


Рис. 9б. Об'ємний розподіл поля в СП, варіант «Б», $f = 150$ МГц

Аналіз отриманих результатів та висновки

Порівняльний аналіз отриманих результатів моделювання розподілу електромагнітних полів в екранованому серверному приміщенні дозволяє сформулювати наступні висновки:

1. На даний час зросли вимоги до методів моделювання електромагнітної обстановки в середині екранованого серверного приміщення, що підсилює актуальність розробки нових ефективних математичних та комп'ютерних моделей для дослідження розподілу електромагнітного поля в середині приміщень.

2. Математичні моделі на основі об'ємного прямокутного резонатора, які дозволяють 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 при розробці планів 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 витoku 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 розробки математичних моделей, що описують складну електромагнітну обстановку в пасажирському транспорті, в 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. *Методи и средства защиты информации. В 2-х томах.* / С. В. Ленков, Д. А. Перегудов, В. А. Дорошко, под ред. В. А. Хорошко. — К.: Арий, 2008. Том I. Несанкционированное получение информации. 464 с., ил. [2] Фейнман Р. *Фейнмановские лекции по физике. В 9-ти томах* / 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; Москва. Институт математического моделирования Российской академии наук. — Москва, 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 докт. 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 Самара. 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. Збірник наукових праць. 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., ил. [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. : іл. - (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". Наукове видання, -Львів, Україна:НУ "ЛП", 2012. С.194-195.* [12] Фёдоров Н. Н. *Основы электродинамики* / Н.Н. Фёдоров, М.: «Высш. школа», 1980. – 399 с., ил. 53. [13] Гоблик Н. М. *MATLAB в інженерних розрахунках. Комп'ютерний практикум: навч. посібник* / Н. М. Гоблик, В. В. Гоблик. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 132 с.