

10. McLeod. *A note on the  $\epsilon$ -algorithm* // *Computing (Arch. Elektron. Rechnen)*. – 1971. – Vol. 7. – P. 17–24. 11. Minkina W., Samotyj W. *Metoda analizy zjawiska ferorezonansu we wzmacniaczu magnetycznym* // *Jakość i Użytkowanie Energii Elektrycznej*. – 2002. – T. VIII. – Zeszyt 1/2. – S. 33–38. 12. Minkina W., Samotyj W. *Modelowanie matematyczne zjawiska ferorezonansu w trójfazowym przemienniku częstotliwości* // *I Krajowa konferencja "Modelowanie i Symulacja '2000 (MiS-1), Zakopane-Kościelisko, czerwiec 2000*. – S. 51–54. 13. Prugel–Bennett A., Shapiro J.L. *An analysis of genetic algorithms using statistical mechanics* // *Physical Review Letters*. – 1994. – Vol. 72, no. 9. – P. 1305–1309. 14. Samotyj W., Dzelendziak U., Chomulak M. *Optymalizacja kształtu sygnału wyjściowego falownika tyrystorowego* // *V Ogólnopolska konferencja naukowo-techniczna Postępy w Elektrotechnice Stosowanej (PES-5)*. –T. II.– Kościelisko (Polska), 2005. – S. 69–76. 15. Samotyj V., Kobylyansky A. *Transient Analysis of Cycloconverter Operating under Static Load* // *Engineering Simulation*. – 1997. – Vol. 14. – P. 159–162 16. Skelboe S. *Computing of the periodic steady-state response of non-linear networks by extrapolation methods* // *IEEE Trans. Circuits Syst.* – 1980. – Vol. CAS-27. – P. 161–175. 17. Vose M. D., Liepins G. E. *Punctuated equilibria in genetic search* // *Complex Systems*. – 1991. – N 5. – P. 31–44. 18. Whitley L. D. *An executable model of a simple genetic algorithm* // *In Whitley L.D. (ed): Foundations of Genetic Algorithms 2. Morgan Kaufman*=

УДК 621.317

В.Д. Погребенник, Н.В. Пігур

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра захисту інформації

## РОЗРОБЛЕННЯ КЛАСИФІКАЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЕКРАНІВ БУДІВЕЛЬ І ПРИМІЩЕНЬ

© Погребенник В.Д., Пігур Н.В., 2011

Розглянуто методи електромагнітного екранування будівель та приміщень з метою захисту інформації. Виявлено основні види електромагнітних випромінювань, які впливають на інформацію. Запропоновано класифікацію форми та матеріалів екранів для захисту приміщень.

**Ключові слова:** класифікація електромагнітних екранів, електромагнітних випромінювання.

**Methods for electromagnetic shielding of buildings in order to protect information in considered. The main types of electromagnetic radiation that affect the information in detected. A classification of forms and materials of screens to protect the premises in proposed.**

**Key words:** classification of electromagnetic screens, electromagnetic radiation.

**Вступ.** Сьогодні розвиток радіозв'язку, дистанційного опрацювання інформації, телебачення, мобільного зв'язку, радіолокації і радіонавігації призвів до появи електромагнітного фону. Складною електромагнітна обстановка є у великих містах, бо джерелами електромагнітних полів (ЕМП) радіочастотного діапазону є радіоцентри зв'язку, телебачення, радіолокаційні станції та інші джерела.

Актуальною проблемою є придушення небажаних (паразитних) електромагнітних випромінювань (ЕМВ), що виникають через недосконалість конструкцій випромінювальних блоків, які

найбільше впливають на організм людини і створюють додатковий електромагнітний канал витоку інформації [1].

Одним з основних напрямків захисту інформації є електромагнітне екранування будинків і приміщень, в яких розміщено системи опрацювання інформації. Про значення і важливість екранування свідчить той факт, що в США на дослідження цієї проблеми щорічно витрачають понад 1 % вартості всієї промислової продукції [2, 3].

Тому актуальним є розроблення високоефективних, широкосмугових і зручних в експлуатації екранувальних і радіопоглинальних матеріалів, бо є висока потреба в них при розробленні та вдосконаленні конструкцій радіоелектроніки, пристроїв захисту інформації.

Проблеми, створювані ЕМП, не вичерпуються тільки біологічними аспектами. Під впливом цих полів можуть відбуватися збої в роботі електронного обладнання. А оскільки функціонування багатьох технічних засобів супроводжується побічним електромагнітним випромінюванням (ПЕМВ), виникає необхідність забезпечення їх електромагнітної сумісності. Крім того, коли технічні засоби застосовуються для опрацювання інформації обмеженого доступу, ПЕМВ можуть використовуватися для отримання несанкціонованого доступу до опрацьовуваної інформації з боку зацікавлених осіб.

Ще одним чинником загроз інформаційної безпеки є можливість навмисного електромагнітного впливу («електромагнітний тероризм») на роботу критично важливих об'єктів. Потенційна уразливість інформаційних систем стосовно випадкових і навмисних негативних впливів вимагає прийняття адекватних захисних заходів.

Одним з основних способів інженерно-технічного захисту від ЕМП є їх екранування в місцях перебування людини. Зазвичай йдеться про два типи екранування: екранування джерел ЕМП і екранування людей від джерел ЕМП.

Захисні властивості екранів засновані на ефекті ослаблення напруженості і спотворення електричного поля в просторі поблизу заземленого металевго предмета. Захист від дії ЕМП передбачає зниження їх інтенсивності до рівнів, що не перевищують гранично допустимі.

Допустимі рівні електромагнітного випромінювання (щільність потоку електромагнітної енергії) відображені в нормативах, які встановлюють компетентні органи залежно від діапазону ЕМП. У різних країнах норми можуть істотно відрізнятися [6].

Отже, варто зазначити, що екранування електромагнітних хвиль – тема багатопланова й унікальна. Цими питаннями займається Спеціальний міжнародний комітет з радіоперешкод, що працює у межах Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК). Про важливість екранування свідчить також, що у США витрати фірм на заходи щодо захисту конфіденційної інформації щорічно складають у середньому 10–15 мільярдів доларів.

Загалом на такі заходи американським підприємцям доводиться витрачати до 20 % від суми всіх їх витрат на науково-дослідні або дослідно-конструкторські роботи. Велика частина цих витрат припадає на заходи щодо захисту інформації від витоку технічними каналами. Апаратура перехоплення інформації активно розвивається і удосконалюється.

Сьогодні жодна бережлива зарубіжна фірма не розпочне фінансування нового дорогого проекту без гарантій збереження комерційної таємниці.

**Метою роботи** є розроблення класифікації електромагнітних екранів приміщень за формою та видом матеріалу.

**Методи електромагнітного екранування будівель та приміщень з метою захисту інформації.** Електромагнітне екранування (пасивний метод захисту) приміщень – це локалізація електромагнітного поля в певній частині будівлі і більш-менш повне звільнення від нього решти середовища. Електромагнітне екранування приміщень дає змогу захистити як людину від впливу електромагнітного поля, так і радіоелектронні прилади від впливу зовнішніх полів і локалізувати їхні власні випромінювання, перешкоджаючи їх появі в навколишньому просторі. Екранування технічних засобів опрацювання інформації та приміщень, в яких відбувається приймання, передавання й

опрацювання конфіденційної інформації, дає змогу знизити рівень електромагнітних випромінювань до заданих величин. У результаті практично неможливе несанкціоноване знімання інформації.

Вимоги до екранування будівель і приміщень з метою захисту інформації в останні роки значно зросли. Сучасні вимоги до екранованих приміщень визначаються комплексом чинників, що впливають або можуть впливати в конкретних умовах на інформацію, яка захищається та обслуговуючий персонал.

Основні чинники, що впливають або можуть впливати на інформацію, яка захищається, мають електромагнітну природу, визначені ГОСТ Р 51275:

- електромагнітні випромінювання та поля в радіочастотному діапазоні, функціонально властиві технічним засобам об'єктів інформатизації (ОІ);
- побічні електромагнітні випромінювання (ПЕМВ);
- паразитні електромагнітні випромінювання;
- наведення в електричних ланцюгах, викликані ПЕМВ, смісними і індуктивними зв'язками;
- ненавмисні опромінення ОІ електромагнітними полями техногенних джерел;
- електромагнітні фактори грозових розрядів і інших природних явищ;
- доступ до інформації, що захищається, із застосуванням технічних засобів радіоелектронної розвідки;
- несанкціонований доступ до інформації, що захищається, з використанням заставних пристроїв;
- спотворення, знищення або блокування інформації навмисним силовим електромагнітним впливом у кримінальних і злочинних цілях.

Розглядаючи вимоги до екранування будівель (приміщень) з метою захисту інформації, необхідно також враховувати інші впливи, зокрема, радіаційне опромінення техногенними джерелами, термічні (пожежі), кліматичні, механічні чинники; біологічні (мікроби, гризуни і т.д.) та хімічні фактори (хімічно агресивні середовища тощо) [4].

Можливість створення екранованої будівлі та приміщення, що забезпечує захист інформації та персоналу від комплексу перерахованих факторів, визначається переважно властивостями застосовуваних радіоекранувальних матеріалів.

Конструктивними елементами екранованого приміщення є: модель екранованого приміщення; матеріал для екрана; екрановані двері; пристрій контактних систем; екрановані вікна; повітровідвідні фільтри, екранування отворів; мережеві фільтри; екранувальні панелі.

Модель екранованого приміщення подано на рис. 1. Екранування електромагнітних хвиль понад 100 дБ можна забезпечити тільки в спеціальних екранованих камерах (рис. 1), в яких електромагнітний екран виконаний у вигляді електрогерметичного сталевого корпусу, а для введення електричних комунікацій використовуються спеціальні фільтри.

Отже, екрануванням електромагнітних хвиль можливо повністю забезпечити електромагнітну безпеку об'єкта. Однак забезпечення вимог щодо електромагнітної безпеки об'єкта, особливо що стосується захисту інформації від витoku технічними каналами, створеним із застосуванням спеціального устаткування (електроакустичний канал, радіоканал, канал побічних електромагнітних випромінювань та наведень і т.д.), необхідно передбачати на стадії розроблення проекту.

Зокрема, при проектуванні в межах об'єкта необхідно виділити зони підвищеної конфіденційності – кімнати переговорів, технологічні приміщення, в яких циркулює інформація, призначена для службового користування тощо. У таких приміщеннях не повинно бути вікон, вони повинні мати незалежну систему електроживлення, екрановані двері. При будівництві такого об'єкта можливе застосування екранувальних матеріалів – шунгітобетону або бетону з електропровідним наповнювачем. Стіни приміщення покривають гнучкими екранами, наприклад, тканими килимами з аморфних матеріалів або електропровідними тканинами. Для екранування застосовують різні типи вуглетканин або металізованих плівок.

З внутрішнього боку приміщення облицьовують конструкційним радіопоглинальним матеріалом для запобігання утворенню стоячих електромагнітних хвиль з частотами понад 1 ГГц і

для створення комфортної екологічної обстановки. Як радіопоглинальні матеріали можуть бути використані спеціалізоване піноскло різних марок або стільникові конструкції. Коефіцієнт екранування такого приміщення може перевищувати 60 дБ у широкому діапазоні частот.



Рис. 1. Модель екранованого приміщення

Сучасні технології дають змогу створювати якісне екранування і вже існуючих приміщень, які спочатку не призначалися для спеціального використання. Оздоблення стін багатошаровими гнучкими екранами застосовується в більшості випадків. За наявності вікон їх закривають металізованими плівками і шторами з екранувальних тканин. У приміщеннях такого класу можливе застосування гнучких широкодіапазонних радіопоглинальних матеріалів. Для облицювання стель приміщення застосовують наповнене піноскло. Коефіцієнт екранування досягає значення 20 дБ і більше [3, 6].

Конкретне значення екранування залежить від площі вікон, конфігурації приміщення, його об'єму і матеріалу стін. Також у вже існуючих приміщеннях для маскування наявних джерел електромагнітного випромінювання пропонується застосовувати ширококутові генератори шуму, які одночасно можуть бути використані для протидії закладкам з обміном даних радіоканалом.

Крім усього іншого, використання гнучких екранувальних і радіопоглинальних матеріалів дає можливість створювати невеликі тимчасові екрановані об'єкти з коефіцієнтом екранування 10–20 дБ, що в комплексі з переносним ширококутовим генератором шуму достатньо для вирішення ряду задач.

**Розроблення класифікації форми та матеріалів екранів для метою захисту приміщень.** Основні типи екранів розглянуто у праці [3], в якій екрани класифікують тільки за матеріалом. Розглянемо вплив на ефективність екранування форми екранів.

Різноманітний та випадковий характер факторів, які визначають ефективність екранування, істотно ускладнюють інженерні розрахунки екранів. Проте, незважаючи на порівняно невисоку точність цих розрахунків, вони, як правило, є необхідними для проектування радіоелектронних засобів (РЕЗ). Для розрахунку ефективності екранування нами запропоновано таку класифікацію екранів за формою (рис. 2):

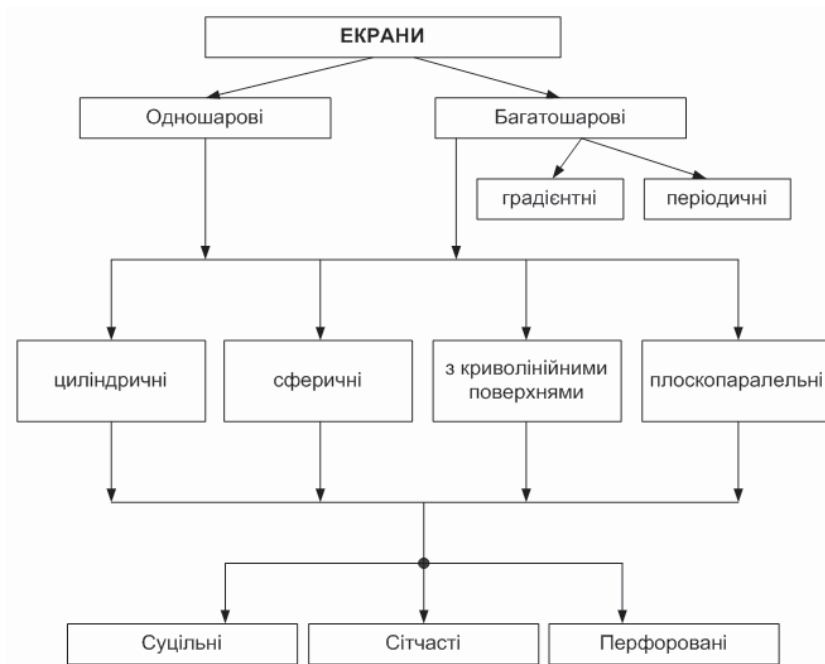


Рис. 2. Класифікація екранів за формою

Вибирають конструктивну форму екрана залежно від виробу у вигляді паралелепіпеда, циліндра чи сфери. Форма екрана впливає насамперед на характеристичний опір середовища поблизу нього і, як наслідок, на ефективність екранування. Крім того, форма екрана впливає на його резонансні властивості, а саме на значення резонансної частоти. Нижню резонансну частоту екрана можна визначити за формулою:

$$f_{рез} \cong \frac{138 \cdot 10^6}{R_e} \quad (1)$$

Щоб порівнювати екрани різних форм, вводиться узагальнений параметр – еквівалентний радіус екрана  $R_e$ . Для екрана прямокутної форми з розмірами  $l_1, l_2, l_3$

$$R_e = \sqrt[3]{\frac{3}{4\pi} l_1 l_2 l_3} \quad (2)$$

для циліндричного екрана діаметром  $D$

$$R_e = \sqrt{\frac{3}{16} D^2 h} \quad (3)$$

для сферичного екрана  $R_e = r_e$ .

Розглянемо багатошарові радіопоглинальні конструкції градієнтного типу на основі металоорганічних волокон. Досліджували багатошарові трикотажні конструкції, сформовані зшиванням окремих шарів у вигляді полотен з композиційних нікелевих і кобальтових волокон, отриманих на основі поліакрилонітрилу або целюлози. Конструкція являла собою два зв'язані полотна, де для порівняння змінювався порядок зшивання шарів. Результати досліджень показали: якщо першим шаром є полотно з нікелевого матеріалу, що має високий коефіцієнт віддзеркалення, відбувається значне віддзеркалення електромагнітної енергії від першого шару. Коли першим шаром є кобальтовий матеріал з низьким коефіцієнтом віддзеркалення, то віддзеркалення від кордону розділу Co-Ni менше, ніж від кордону повітря – Ni, а відбите випромінювання додатково поглинається кобальтовим шаром. Зазначено, що ефективність багатошарової градієнтної конструкції вища, ніж сумарна ефективність окремих шарів [6].

На основі отриманих даних розроблено багатошарові конструкції радіопоглинальних покриттів, де узгоджувальним шаром є трикотажне полотно, що має найнижчий коефіцієнт від-

дзеркалення і краще узгоджене з середовищем поширення ЕМВ. Робочим шаром є полотно з високою електропровідністю та ефективністю придушення ЕМВ. Для підвищення загальної ефективності конструкції додатково може вводиться шар, що відбиває пройдені через екран випромінювання. При цьому відбита від останнього шару енергія додатково поглинається в робочому і узгоджуючому шарах.

**Вплив матеріалів на ефективність екранування.** Вибір матеріалу стінок екрана є також дуже важливим і найбільше впливає на ефективність екранування. Великою, яка характеризує екранувальні дії матеріалу екрана, є еквівалентна глибина проникнення  $\delta$ , м

$$\delta = 0,03 \sqrt{\frac{\lambda_{\rho}}{\mu_r}} = 0,52 \sqrt{\frac{\rho}{\mu_r f}}, \quad (4)$$

де  $\rho$  – опір матеріалу екрана, Ом·м;  $\lambda$  – довжина хвилі в повітрі, м;  $f$  – частота, МГц.

Для немагнітних матеріалів  $\mu_r \cong 1$ , а для феромагнітних матеріалів  $\mu_r$  залежить від частоти  $f$ . Для сталі ця залежність має вигляд  $\mu_r \cong 150 - 30 f$ .

Якщо екран працює в магнітному полі ближньої зони, ефективність магнітних матеріалів значно вища ніж немагнітних, оскільки  $\mu_r \gg 1$ . В електромагнітному полі дальньої зони немагнітні матеріали, які володіють великою провідністю, порівняно з магнітними забезпечують більшу ефективність.

Для того, щоб розрахувати ефективність екранування, необхідно використовувати класифікацію екранів не тільки за формою, а й за видом матеріалу (рис. 3).

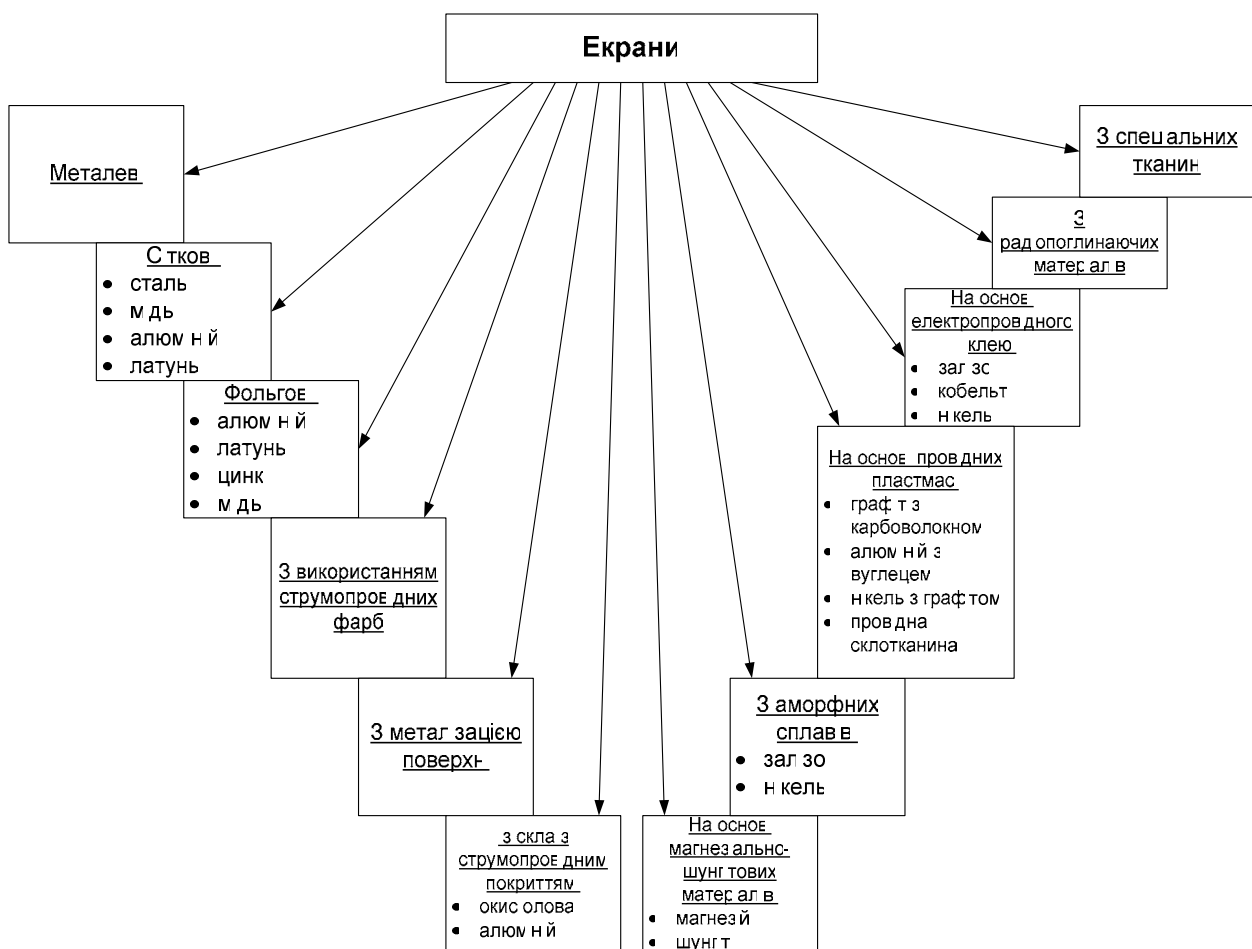


Рис. 3. Класифікація екранів за видом матеріалу

Тривалий час у техніці електромагнітного екранування застосовувалися лише так звані «традиційні» матеріали – металеві листи. Це пояснюється переважно тим, що їх висока провідність забезпечує швидке загасання електромагнітної енергії в товщі металу, а велика різниця між поверхневим опором металу і повним опором падаючої хвилі призводить до значних відбивань радіохвиль від поверхні екрана. У результаті металевий лист незначної товщини має високу ефективність екранування (ЕЕ). Однак практика екранування показує, що надзвичайно велика ефективність самого металу фактично реалізується лише на 10–20 %, оскільки основним чинником тут є якість конструкції.

Природними є сумніви у доцільності застосування високоефективних матеріалів, які мають порівняно високу вартість, і які не забезпечують необхідних масогабаритних характеристик і необхідного з погляду екранування та інших умов виду конструкцій. Тому у багатьох випадках можливо замінити металевий екран екраном з іншого матеріалу. Ця можливість обумовлена також освоєнням ряду нових матеріалів. Необхідність отримання в підсумку необхідної ефективності, завдання забезпечення мобільності конструкції, спрощення її складання, зниження вартості тощо. створили передумови для застосування нових матеріалів, власна здатність яких до екранування електромагнітних полів може і не бути дуже високою.

Характеристики матеріалів для виготовлення екранів детально розглянуто у працях [3, 5, 6].

**Висновки.** Запропоновано класифікацію екранів за видом та формою матеріалу. Встановлено, що на ефективність екранування впливає вибір конструктивної форми та матеріалу стінок екрана. Форма екранувального виробу (паралелепіпед, циліндр чи сфера) впливає насамперед на характеристичний опір середовища поблизу нього і його резонансні властивості.

1. Хорошко В.А., Чекатков А.А. *Методы и средства защиты информации*. – К., 2003. – 504 с.
2. Чернушенко А.М., Петров Б.В., Малорацкий Л.Г. и др.; *Конструирование экранов и СВЧ-устройств: Учеб. для вузов / Под ред. А.М. Чернушенко*. – М.: Радио и связь, 1990. – 352 с.
3. Козловський В.В., Софьенко И.И. *Экранирующие свойства современных материалов // Вісник ДУІКТ*. – 2009. – 7(3). – С. 233–245.
4. Пігур Н.В. *Методи електромагнітного екранування приміщень // Матеріали ІУ Міжнар. конф. молодих вчених Національного університету «Львівська політехніка» CSE-2010 «Computer science & Engineering 2010»*. – 2010. – С. 358–359.
5. [http://alfapol.ru/elektromagnitnoe\\_ekranirovaniye/](http://alfapol.ru/elektromagnitnoe_ekranirovaniye/), 2010. *Электромагнитное экранирование. [Електронний ресурс]*.
6. Винников В.В. *Основы проектирования РЭС. Электромагнитная совместимость и конструирование экранов: Учеб. пособие*. – СПб.: Изд. СЗТУ, 2006. – 164 с.