

Панова Олена Василівна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри фізики, ORCID: 0000-0001-7975-1584

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ БЕЗПЕКИ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ ОБЛАДНАННЯ

Анотація. Проаналізовано переваги та недоліки традиційних металевих захисних екранів і новітніх металоолімерних та багатошарових екранів. Сформульовано умови застосування електромагнітних екранів залежно від частотних характеристик електромагнітних полів. Надано рекомендації щодо екранування електромагнітних полів найбільш поширених джерел електромагнітних випромінювань: засобів для бездротового зв'язку і радіотехнічного обладнання цивільної авіації. Розроблено рекомендації щодо вдосконалення чинних нормативних актів з електромагнітної сумісності електричного та електронного обладнання.

Ключові слова: екранування; електромагнітна сумісність; нормативні акти; чутливе обладнання; електромагнітні випромінювання

Вступ

Дослідження останніх років показали, що одним з найефективніших засобів захисту від впливу електромагнітних полів та випромінювань як у виробничих, так і у побутових умовах є їх екранування відповідними матеріалами та конструкціями. Екранування забезпечує не тільки захист людей від несприятливих впливів, а й підвищує рівень електромагнітної сумісності технічних засобів. Це полягає в унеможливленні нестабільності роботи електронної апаратури під впливом електромагнітних полів та випромінювань.

Напрацювання у цій галузі дещо фрагментарні і стосуються або конкретних виробничих умов, або електромагнітного впливу визначеної частоти або частотного діапазону. Таким чином, розроблення цілісної системи з електромагнітної безпеки окремого робочого місця, приміщення, будівлі іноді стикається з певними труднощами методологічного та технічного характеру.

Така проблема потребує проведення ретельного аналізу сучасних концептуальних підходів у цій галузі та визначення основних напрямів і засад робіт з електромагнітної безпеки електромагнітної екології та електромагнітної сумісності технічних засобів.

Стан проблеми

Експериментальні та теоретичні дослідження довели необхідність визначення залежності захисних властивостей екрануючих матеріалів різних класів від частоти та амплітуди електромагнітного поля, яке потребує екранування [1].

На сьогодні крім визначення характеристик традиційних екрануючих матеріалів, регламентованих національним нормативом [2], досліджено можливість використання новітніх захисних матеріалів, якими є аморфні магнітом'які сплави різних складів та обробок [3] і розроблено низку сучасних композитних і багатошарових екранів різних складів та конструкцій [4-6].

Усі ці матеріали розроблялися для захисту від конкретних електромагнітних впливів. Винятком є електромагнітні екрани з керованими захисними властивостями [7; 8]. Особливістю цих розробок є підвищення коефіцієнтів екранування, а розширення частотного діапазону досягається тільки для аморфних магнітом'яких сплавів. Мають місце розбіжності щодо експериментально визначених значень коефіцієнтів екранування [9; 10].

Значною мірою такі розбіжності обумовлені:

– похибками при проведенні експериментів на різних дослідних установках і у реальних умовах [11-13];

– використанням різних розрахункових методик щодо визначення захисних властивостей різних матеріалів [14-16].

Викладене обумовлює необхідність визначення пріоритетності напрямів досліджень та прикладних розробок у цій галузі та розроблення загальних підходів щодо цієї проблематики.

Мета статті

Метою статті є узагальнення досліджень та прикладних розробок у галузі екранування електромагнітних полів та випромінювань і визначення основних напрямів робіт з підвищення його ефективності та технологічності.

Як вже зазначалося, недоліком майже усіх робіт з електромагнітного екранування є зосередженість або на екрануванні конкретного джерела поля, або на певному частотному діапазоні. У той же час для окремого джерела ефективність екранування обумовлена не тільки властивостями матеріалу, а й геометрією та позиціонуванням екрана [17]. При цьому спостерігаються складні залежності коефіцієнтів екранування не тільки від частоти поля, а й від його амплітуди. А також – їх складна взаємозалежність.

Виконані власні дослідження і аналіз досліджень інших авторів дозволили показати гарантовані усереднені коефіцієнти екранування для різних матеріалів і класів матеріалів та надати їх переваги і недоліки (табл.1).

Використання кожного з наведеного матеріалів або класів матеріалів пов'язане з певними труднощами і обмеженнями. Досвід практичної роботи із впровадження організаційно-технічних заходів з екранування електромагнітних полів електротехнічними сталями показав, що у багатьох випадках за довільного розташування екрана він не тільки не поліпшує електромагнітне середовище (за магнітною складовою), а й погіршує його. Таке явище обумовлене намагніченістю екрана первинним полем. Це стосується наднизькочастотної частини спектра, в основному – промислової частоти 50 Гц. У таких умовах доцільніше використання екранів, які працюють за рахунок явища віддзеркалювання. Крім зниження рівня магнітного поля з боку обладнання, зберігається вільний доступ до нього (екран розташовується з тильного боку джерела).

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів екранування електромагнітних полів сучасних захисних матеріалів*

№ пор.	Матеріал	Частотні діапазони	Коефіцієнти екранування	Примітки
1	Електротехнічні сталі	наднизькі частоти	2-5	Велика вага, розбіжності властивостей для сталей різних класів, найбільш ефективні на частотах 6-7 кГц
		низькі частоти	9-10	
		ультрависокі і вищі частоти	50-900	
2	Пермалой	наднизькі частоти	8-12	Досить велика вартість, катастрофічне зниження захисних властивостей у результаті деформації
		низькі, високі частоти	22-35	
		ультрависокі і вищі частоти	80-1000	
3	Аморфні магнітом'які сплави	наднизькі, низькі частоти	8-22	Велика вартість, неможливість створення суцільних поверхонь великих площ
		високі частоти	40-300	
		ультрависокі і вищі частоти	400-1000	
4	Металополімерні матеріали	наднизькі, низькі, високі, ультрависокі і вищі частоти	10-1400	Можлива деградація полімерної матриці за температурних і оптичних впливів; можливо виготовити матеріал з потрібним коефіцієнтом екранування
5	Багатошарові структури	ультрависокі і вищі частоти	20-10000	Прийнятні для чітко визначеної частоти випромінювання; проблема - адгезії шарів та деградація діелектричної компоненти; велика вартість через складну технологію виготовлення
6	Регулярна металева структура**	ультрависокі і вищі частоти	15-10000	Ефективні виключно для ультрависоких і вищих частот

* Наведено гарантовані усереднені значення для частотного діапазону. Коефіцієнтом екранування вважаємо відношення напруженості магнітного поля та густини потоку енергії перед екраном до відповідного показника у захищеній зоні.

** Ґратчасті або сітчасті металеві матеріали з постійним кроком металевих елементів та розміром комірки сіток.

Пермалої усіх марок є ефективними екрануючими матеріалами – їх властивості збігаються на частоті 0,6–0,9 кГц. Але великий вміст нікелю робить їх (за значних розмірів) досить дорогими та великими за вагою. Навіть незначна деформація цих екранів у процесі експлуатації робить їх практично непридатними для захисту (крім ультрависоких і вищих частот).

З усіх металевих матеріалів найбільш ефективними і зручними у роботі є аморфні магнітотопки сплави. Вони мають дуже малу вагу за великої міцності, але єдина можлива технологія їх виготовлення обумовлює їх велику вартість. Вони виготовляються надшвидким гартуванням розплаву кобальту у вигляді стрічок максимальною шириною до 50 мм і товщиною до 50 мкм.

Металополімерні матеріали мають головну перевагу, яка полягає у можливості регулювання коефіцієнтів екранування вмістом металеві субстанції у полімерній матриці. Вагова частина металу збільшується зі зниженням частоти поля за однакових коефіцієнтів екранування. Найголовнішою перевагою цього класу матеріалів є досягнення екранування за значного поглинання електромагнітної енергії екраном, важливість якого буде розглянута нижче.

Багатошарові захисні екрани ефективні тільки для ультрависоких і вищих частот, що обумовлене їх побудовою на принципах інтерференції хвиль. Це робить дуже критичними товщини шарів і, як наслідок, – придатність кожного конкретного екрана тільки для дуже вузької частотної смуги. Враховуючи їх високу вартість, такі екрани використовуються, в основному, для потреб електромагнітної сумісності та технічного захисту інформації.

Регулярні металеві структури – сітки та ґрати набули широкого впровадження через їх малу вартість. Використання таких структур доцільне починаючи з ультрависоких частот, що обумовлене їх побудовою на принципі дифракції електромагнітних хвиль. Джерелами таких випромінювань є радіотехнічне обладнання аеродромів, базових станцій мобільного зв'язку та інших засобів зв'язку, наприклад, радіорелейного. Номенклатура таких об'єктів досить вузька, усі засоби працюють на фіксованих частотах і відхилення від основної (робочої) частоти незначні. Перелік та основні характеристики таких джерел наведено у національних нормативах [18; 19]. Це обумовлює відносно невелику кількість металевих сіток з фіксованими розмірами комірок та діаметрами дротів, з яких вони виготовлені, для виробництва електромагнітних екранів.

У загальному випадку підвищення суцільності екрана робить його непрозорим для усіх випромінювань з більшими довжинами хвиль. Але

це підвищує вартість матеріалу та його вагу. Крім того, у багатьох випадках такі екрани повинні бути оптично прозорими для нагляду за обладнанням та доступу денного світла. Переважна більшість радіолокаційного обладнання та засобів керування повітряним рухом оперує випромінюванням з довжинами хвиль $\lambda=0,03$ м радіорелейного та мобільного зв'язку – 0,1-0,3 м, а діаметри дротів d для виготовлення сітчастих електромагнітних екранів відповідають номенклатурі дротів, які виробляються промисловістю. Результати випробувань сіток з різними відстанями між металевими елементами ℓ наведено у табл. 2, де K_c – коефіцієнт екранування електромагнітного випромінювання.

Таблиця 2 – Захисні властивості електромагнітного екрана залежно від довжини хвилі та параметрів сітки

λ , м	d , м	ℓ , мм	K_c , дБ
0,03	0,6	0,4	64
		0,8	48
		1,2	33
		1,6	28
		2,0	24
		2,4	20
	0,3	2,8	18
		0,4	46
		0,8	30
		1,2	22
		1,6	18
		2,0	16
	0,15	2,4	14
		2,8	12
		0,4	40
		0,8	28
		1,2	20
		1,6	16
0,1	2,0	2,0	14
		2,4	12
		2,8	10
		1	-
		2	58
		3	30
	1,0	4	34
		5	28
		6	24
		1	68
		2	40
		3	32
	0,5	4	26
		5	20
		6	18
		1	40
		2	28
		3	20
	4	18	
	5	15	
	6	12	

Закінчення табл. 2

λ , м	d , м	ℓ , мм	K_e , дБ
0,3	3,0	3	58
		5	44
		7	36
		9	30
		11	26
		13	24
		15	22
		17	20
		19	18
	21	17	
	1,5	3	49
		5	38
		7	30
		9	26
		11	24
		13	22
		15	20
		17	18
		19	16
	21	15	
	1,0	3	40
5		30	
7		25	
9		22	
11		18	
13		17	
15		16	
17		14	
19		13	
21	12		

На сьогодні недостатньо уваги приділяється тому факту, що екранування електромагнітних полів відбувається за двома механізмами: за рахунок поглинання електромагнітної енергії та відбиття електромагнітної хвилі. Якщо поглинання електромагнітної енергії завжди дає позитивний ефект, то відбиття електромагнітної хвилі за межі об'єкта, що захищається, може значно погіршити електромагнітне середовище у небажаних місцях, в тому числі і усередині об'єкта (якщо є внутрішні джерела випромінювань).

Перспективним уявляється розроблення електромагнітних екранів з переважним поглинанням електромагнітної енергії (малими коефіцієнтами відбиття) та електромагнітна сумісність електронного обладнання.

Окремого розгляду потребують нормативні документи з електромагнітної сумісності технічних засобів. Електромагнітна безпека та електромагнітна сумісність технічних засобів є двоєдиною задачею і на сьогодні цьому питанню не приділяється достатньої уваги. Більшість нормативних документів з електромагнітної сумісності наказом Держспоживстандарту [20] переведено у розряд таких, що за умови добровільного застосування є доказом відповідності продукції вимогам

«Технічного регламенту з підтвердження відповідності електромагнітної сумісності».

Технічні вимоги та норми щодо електромагнітної сумісності є невід'ємною складовою забезпечення стабільності функціонування засобів обчислювальної техніки, автоматизованих систем, а також комплексу працезохоронних заходів. Причиною є той факт, що нестабільність роботи технічних засобів є чинником опосередкованого негативного впливу електромагнітних полів та випромінювань на користувачів [1; 21]. Однак, деякі стандарти мають недолік. Так, наприклад, у нормативі [22], який регламентує випробування обладнання інформаційної техніки на радіозаводі у діапазоні частот 0,15 – 1000 МГц, схема випробувань передбачає на відстані 0,4 м з тильного боку тестованого обладнання вертикального заземленого металевого листа. Виходячи з дипольної моделі відеомоніторів та принципу дзеркального відбиття [23], сумарні поля у точках вимірювань є сумою полів дійсного та протилежно спрямованого уявного диполів. У цьому випадку наявність металевого листа спотворює реальні поля відеомоніторів на 5 – 10% залежно від точки вимірювань. Такі похибки є незадовільними навіть для сертифікаційних випробувань. Необхідно відмітити, що частина державних стандартів України, прийняті за часів незалежності (переважно протягом 90-х рр.), практично еквівалентні відповідним міжнародним нормативам і не враховують реальний стан і структурну побудову систем передачі та розподілу електроенергії, монтаж силової мережі тощо. До таких належить, наприклад, державний стандарт України зі стійкості до магнітних полів частоти мережі [23]. Цей стандарт дає детальний і зручний у користуванні опис процедури випробувань, але ступінь жорсткості випробувань засобів обчислювальної техніки (1 А/м або 1,26 мкТл) не відповідає параметрам більшості технічних засобів, що перебуває у експлуатації, що показано у [1; 6; 21; 24].

Найбільші можливості у цьому питанні відкриваються при виготовленні металополімерних матеріалів. При виконанні досліджень та втілення електромагнітного захисту необхідне врахування особливостей сучасних засобів зв'язку. Відомо, що за низьких рівнів випромінювань базових станцій мобільного зв'язку та бездротового зв'язку, наприклад, Wi-Fi, усі приймачі автоматично підвищують власні рівні випромінювань, що закладено у їх конструкцію, тому при екрануванні приміщень і будівель рівні зовнішніх випромінювань базових станцій повинні забезпечувати принаймні мінімальні сигнали для надійного зв'язку (за нашими даними – 0,08-0,10 мкВт/см²).

Висновки

1. Найбільш складною задачею є екранування магнітної складової електромагнітних полів наднизьких та низьких частот, що обумовлене їх квазістаціонарністю. Потребують досліджень геометричні критерії розташування екранів з урахуванням їх намагніченості первинним магнітним полем.

2. Найбільш перспективними матеріалами для захисту від електромагнітних полів та випромінювань є металополімерні екрани. Головною проблемою є зниження їх вартості, підвищення технологічності виготовлення та уникнення деградації під час експлуатації.

3. Використання багатошарових екранів з адгезією шарів не зовсім прийнятне для захисту людей.

За потреби захисту від електромагнітних полів широкочастотного діапазону доцільне використання механічно з'єднаних екранів, ефективних у різних частотних смугах.

4. При розробленні та впровадженні заходів з електромагнітної сумісності технічних засобів екрануванням необхідно дотримуватися принципу достатності.

5. Враховуючи великі обсяги експериментальних робіт при розробленні екранів та значні розбіжності результатів лабораторних досліджень та випробувань у реальних умовах, доцільним уявляється вдосконалення розрахункових методів визначення та прогнозування захисних властивостей електромагнітних екранів з урахуванням відбивальної та поглинальної складової коефіцієнта екранування.

Список літератури

1. Панова О.В. *Захист працюючих від впливу електромагнітних полів екрануванням: дис...канд. техн. наук: 05.26.01 / Панова Олена Василівна.* – Київ, 2014. – 151 с.
2. *Державні санітарні правила при роботі з джерелами електромагнітних полів: Д Сан Пін 3.3.6.096-2002. [Чинний від 2003-0104].* – К.: МОЗ України, – 2003. – 16 с.
3. Панова О.В. *Оцінка ефективності електромагнітних екранів на основі різних магнітом'яких матеріалів / О.В. Панова // Техніка будівництва.* – К. – 2010. – Вип. 24. – С. 56–58.
4. *Широкодиапазонные экраны СМД для систем защиты информации и защиты биологических объектов / Л.М. Лыньков, В.А. Богуш и др. Докл. НАН Беларуси, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2004, № 3.* – С.152-167.
5. *Защитные свойства электромагнитных экранов на основе металлосиликатных материалов в диапазоне СВЧ / В.И. Клапченко, Г.Е. Краснянский и др.* – К.: Гігієна населених місць, 2010. – Вип. 56. – С. 219-226.
6. *Зотов И.С. Исследование электродинамических характеристик композитных материалов с регулярными структурами: дис. ... канд. физ-мат. наук: 05.13.06 / Зотов Илья Станиславович.* – Ч., 2011. – 124 с.
7. *Запорожець О.І. Створення електромагнітних екранів із заданими захисними властивостями / О.І. Запорожець, В.А. Глива, А.В. Лук'янчиков // Вісник НАУ,* – К.: 2008. – № 3. – С. 139-142.
8. *Патент 74857 Україна, МПК G12B17/00. Електромагнітний екран з керованими захисними властивостями / Глива В.А., Назаренко М.В., Подобед І.М., Матвеева О.Л., Панова О.В.; заявник і патентоотримувачі; заявлено 12.05.2012; опубл. 12.11.2012, Бюл. № 21.*
9. *Островский О.С. Защитные экраны и поглотители электромагнитных волн / О.С. Островский, Е.Н. Одаренко, А.А. Шматько // Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина, 2003, электронный ресурс <http://www.bnti.ru/>*
10. *Панова Е.В. Исследование геометрических критериев электромагнитных экранов / Е.В. Панова // Технологии техносферной безопасности: 2014.– Вип. № 1 (53). – 12 с. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/>*
11. *Патент 27476 Україна, МПК G01N 29/00, G01R 29/08. Пристрій неперервного контролю фізичного стану металевих конструкцій. / Глива В.А., Запорожець О.І., Зарицький М.С. та ін. Заявл. 24.09.2007, опубл. 25.10.2007, Бюл. № 17.*
12. *Управление защитными свойствами электромагнитных экранов на основе металлосиликатных материалов / В.И. Клапченко, Г.Е. Краснянский, В.А. Глива и др.* – К.: Гігієна населених місць, 2009. – Вип. 53 – С. 200-207.
13. *Разработка новых материалов для системы защиты от электромагнитного излучения и противодействия террористической деятельности [Электронный ресурс] / П.А. Кузнецов, А.Ю. Аскинази, Т.В. Пескови др. – режим доступа <http://www.cristm-prometey.nw.ru/>*
14. *Резинкина М.М. Использование численных расчётов для выбора средств экранирования от действия магнитных полей / М.М. Резинкина // Журнал технической физики, 2007. – Т.77. – № 11. – С. 17 – 24.*
15. *Аполлонский С.М. Построение моделирующих устройств для исследования внешних электрических полей источников / С.М. Аполлонский, И.Д. Логинова // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт, 2009. – № 1. – С. 104-110.*
16. *Оцінка захисних властивостей магнітом'яких матеріалів / О.І. Запорожець, А.В. Лук'янчиков В.А. Глива та ін. – К.: Проблеми охорони праці в Україні, 2007. – Вип.14. – С. 35-42.*
17. *Glyva V.A. Method of electromagnetic screen shielding properties determination / V.A. Glyva, O.V. Panova // Технологии техносферной безопасности: 2014.– Вип. № 1 (53). – 6 с. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/>*
18. *Державні санітарні норми і правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань: ДСН 239-96.-К.: МОЗ України, 1996. – 28 с. – (Державні санітарні норми України).*
19. *Державні санітарні правила забудови населених пунктів. – К. – 2002. Державне підприємство «Укрархбінформ». – 59 с. Затверджено Наказом Міністерства Охорони Здоров'я України від 19 червня 1996р. № 173.*

20. Про затвердження Технічного регламенту з підтвердження відповідності електромагнітної сумісності: Наказ Державного Комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 31.12.2003р. №283. – К.: Держспоживстандарт, 2004. – 12с. – (Нормативний документ Держспоживстандарту. Наказ).

21. Глива В.А. Методи забезпечення електромагнітної безпеки користувачів персональних комп'ютерів: дис. ... канд.техн.наук: 05.26.01 / Глива Валентин Анатолійович. - К., 2006. – 155 с.

22. Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи промышленные от оборудования информационной техники. Нормы и методы испытаний: ГОСТ 29216-91. - [Введен в действие 1993-01-01]. – М.: Госстандарт СССР, 1992. – 22с. – (Межгосударственный стандарт).

23. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Стійкість до магнітних полів частоти мережі. Технічні вимоги і методи випробувань: ДСТУ2465-94. – [Чинний від 1995-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1995. – 29с. – (Національний стандарт України).

24. Обеспечение электромагнитной безопасности при эксплуатации компьютерной техники / Афанасьев А.И., Долошко В.И., Карнишин В.И. и др.; под ред. А.А. Туркевича. – [2-е изд.]. – М.: Циклон-Тест, 2001. – 119 с.

Стаття надійшла до редколегії 05.03.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Глива, Національний авіаційний університет, Київ.

Панова Елена Васильевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры физики, ORCID: 0000-0001-7975-1584

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

ЭКРАНИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация. Проанализированы преимущества и недостатки традиционных металлических защитных экранов и новейших металлополимерных и многослойных экранов. Сформулированы условия применения электромагнитных экранов в зависимости от частотных характеристик электромагнитных полей. Даны рекомендации по экранированию электромагнитных полей наиболее распространенных источников электромагнитных излучений: средств для беспроводной связи и радиотехнического оборудования гражданской авиации. Разработаны рекомендации по совершенствованию действующих нормативных актов по электромагнитной совместимости электрического и электронного оборудования.

Ключевые слова: экранирование; электромагнитная совместимость; нормативные акты; чувствительное оборудование; электромагнитные излучения

Panova Olena

PhD Associate Professor of Physics, ORCID: 0000-0001-7975-1584

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

SCREENING OF ELECTROMAGNETIC FIELDS FOR ELECTROMAGNETIC SAFETY AND ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF EQUIPMENT

Abstract. Dense placement of electronic equipment in various premises, particularly in computer technology, leads to increased levels of electromagnetic fields in the workplace. This leads to unstable operation of hardware and malfunction of the wireless communication. These all are resulting from poor electromagnetic compatibility (EMC) of the equipment. Studies have shown that the most effective way to protect the equipment from external electromagnetic influences and reduce radioactive properties of some parts of the equipment, is achieved by appropriate shielding electromagnetic fields. This paper analyzes the advantages and disadvantages of traditional metal protective screens and the latest metal-polymer and multi layered screens. Based on the experimental studies, conditions and scope of the electromagnetic screens, depending on the frequency characteristics of the electromagnetic fields are formulated. The article presents and scientifically proves the comfort of using the recommended practical applications of electromagnetic field shielding of the most common sources of electromagnetic radiation: wireless communication tools and radiotechnical equipment used in civil aviation. Based on the results developed from researched recommendations to improve the existing regulations on electromagnetic compatibility of electrical and electronic equipment. As a result of the research, following findings have been formulated: to ensure electromagnetic compatibility and workers' safety, the most promising protective materials are metal polymer screens. Multilayered screens should be used in the presence of narrow frequency electromagnetic interference of ultrahigh frequency. To perform these tasks, development of significantly practical and easy-to-use calculation method for determining the required effectiveness of electromagnetic screens is needed.

Keywords: Screening; electromagnetic compatibility; regulations; sensitive equipment; electromagnetic radiation

References

1. Panova, E.V. (2014). *Protection of workers from exposure to electromagnetic fields via shielding*. Candidate's thesis. Kyiv: K [Ukrainian].
2. *State sanitary rules when working with sources of electromagnetic fields*. (2003). D San Pin 3.3.6.096-2002 from 01 of April 2003. Kyiv: Derzhavnisanitarninormy Ukraine [in Ukrainian].
3. Panova, O.V. (2010). *Evaluation of electromagnetic screens from different magnetic soft materials*. Technology building. Kyiv, Ukraine: 24, 56-58.
4. Lynkov, L.M. (2004). *Wide-range media screens for information protection systems and protection of biological objects*. Proceedings from 3: National Academy of Sciences of Belarus, Belarusian State University of «Informatics and Radio electronics», 152-167 [in Belarusian].
5. Klapchenko, V. (2010). *The protective properties of electromagnetic shields a metal silicate materials in the microwave*. V. Klapchenko, G. Krasnyansky, V. Glyva, I. Aznauryan // Hygiene populated areas, Kyiv, Ukraine: 56, 219-226.
6. Zotov, I. (2011). *Investigation of dynamic characteristics of composite materials with a regular structure*. Candidate's thesis. Chelyabinsk: Ch [Russian].
7. Zaporozhets, O. (2008). *Creation of electromagnetic shields with protective properties* / O. Zaporozhets, V. Gliva, A. Luk'yanchikov // News NAU, Kyiv, Ukraine: 3.139-142.
8. Glyva, V.A. (2012). *Electromagnetic screen operated protective properties* / V.A Glyva,, M.V. Nazarenko, I.M. Podobed, E.L. Matveeva, E.V. Panova. Issue 12. 11th December 2012 Patent 74857, G12V17 / 00/. Kyiv: K [in Ukrainian].
9. Ostrovsky, O.S. (2003). *Filters, absorbers of electromagnetic waves* / O.S. Ostrovskiy, E.N. Odarenko, A.A. Shmat'ko. Kharkiv National University. V.N. Karazin. Retrieved from <http://www.bnti.ru/> [in Ukrainian].
10. Panova, E.V. (2014). *Investigation of geometric criteria electromagnetic shielding*. Technology technospheric security, 1(53), 12. Retrieved from: <http://www.ipb.mos.ru/> [Russia].
11. Glyva, V.A. (2007). *The device of continuous control of the physical condition of metal* / V.A Glyva, A.I. Zaporozhets, M.S. Zaryckyjat.al., Issue 17. 11th October 2007 Patent 27476, G01N 29/00, G01R 29/08/. Kyiv: K [Ukraine]. <http://www.crismprometey.nw.ru/>
12. Klapchenko, V.I. (2009). *Manage protective properties of electromagnetic shielding metal-based silicate materials* / V.I. Klapchenko, G.E. Krasnyansky // Hygiene populated areas. Kyiv, Ukraine: 53, 200-207.
13. Kuznetsov, P.A. (2009). *Development of new materials for protection against electromagnetic radiation and countering terrorist activities*. Proceedings from 8th Proceedings of the eighth scientific-practical conference "Actual problems of protection and security," 4-7 April. Vol. 1 "Technical means of countering terrorism". St. Petersburg: «NPO Special Materials», 118-125. [in Russian].
14. Rezinkina, M.M. (2005). *Using numerical calculations for the choice of means of shielding from the action of magnetic fields*. Technical Physics, Kyiv, Ukraine: 11, Vol. 77. 17 - 24.
15. Apollonsky, S.M. (2009). *Construction of simulating devices for investigating sources of external electric fields* / S.M. Apollonsky, I.D. Loginov // Energetics and transport, Kyiv, Ukraine: 1, 104-110.
16. Zaporozhets, A.I. (2007). *Evaluation of the protective properties of magnetically soft materials* / A.I. Zaporozhets, A.V. Lukiyanichkov, V.A. et.al. // Problems of safety in Ukrainian, Kyiv, Ukraine: 14, 35-42.
17. Glyva, V.A. (2014). *Method of electromagnetic screen shielding properties determination* / V.A. Glyva, O.V. Panova // Technospheric security technology, 1(53), 6. Retrieved from <http://www.ipb.mos.ru/> [in Russia].
18. *Public health standards and rules protecting the population from exposure to electromagnetic radiation*. (1996). SDN 239-96. Kyiv: Derzhavnisanitarninormy Ukraine [in Ukrainian].
19. *State sanitary rules of settlements*. (2002). "Ukrarhbinform" № 173 from June 19en 2002. Approved by the Ministry of Health of Ukraine [in Ukrainian].
20. *Approved the Technical Regulations on conformity EMC*. (2003). Nakaz Derzhavnoho Komitetu Ukrayiny z pytan' tekhnichnohorehulyuvannya ta spozhyvchoyipolityky № 283 from 3st December 2004. Kyiv: Regulations Derzhspozhyvstandard Ukraine [in Ukrainian].
21. Glyva, V.A. (2006). *Methods of Electromagnetic safety of users of personal computers*. Candidate's thesis. Kyiv: K. [Ukrainian].
22. *Compatibility of technical equipment. Noise from Information Technology Equipment. Standards and test methods*. (1992). GOST 29216-91 from 01st December 1993. Moscow: Gosstandart SSSR, Mezhsudarstvennyy standart [in Russia].
23. *Compatibility of means of electromagnetic. Resistance to magnetic fields frequency network. Requirements and test methods*. (1995). DSTU 2465-94 from 01st December 1995. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny [in Ukrainian].
24. Afanasiev, A.I. (2001). *Electromagnetic safety in the operation of computer equipment* / A. Afanasiev, V. Dolotko, V. Karnishina et al. // Cyclone-Test. Moscow, Russia: 2, 119.

Посилання на публікацію

- APA Panova, O. (2015). *Screening of electromagnetic fields for electromagnetic safety and electromagnetic compatibility of equipment*. Management of Development of Complex Systems, 22 (1), 207-213. [dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3101.8969](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3101.8969)
- ГОСТ Панова, О.В. *Екранування електромагнітних полів для електромагнітної безпеки та електромагнітної сумісності обладнання* [Текст] / О.В. Панова // Управління розвитком складних систем. – 2015. – № 22 (1). – С. 207-213. [dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3101.8969](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3101.8969)