

УДК 677.53

АРАБУЛІ С. І.<sup>1</sup>, КИЗИМЧУК О. П.<sup>1</sup>, ВЛАСЕНКО В. І.<sup>1</sup>  
ТУНАК М.<sup>2</sup>, ТУНАКОВА В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну,  
Україна

<sup>2</sup>Технічний університет м. Ліберець, Чеська Республіка

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКРАНУВАННЯ ЕМВ ТЕКСТИЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

*Мета роботи полягає у вивченні властивостей текстильних полотен щодо екранування електромагнітного випромінювання.*

*Наукова новизна.* Визначено основні фактори, які потрібно враховувати при проектуванні гнучких текстильних екранів для захисту від електромагнітного випромінювання.

*Практичне значення.* Проведені дослідження текстильних матеріалів є основою створення нових та удосконалення існуючих структур для екранування електромагнітного випромінювання.

*Ключові слова:* електромагнітне випромінювання, екранування, металізовані тканини.

*Постановка завдання.* Сьогодні наше життя у великому ступені залежить від технічного розвитку цивілізації. Важко уявити наше існування без електрики та техніки, транспорту та телебачення. У інформаційний час комп'ютери, інтернет, мобільні телефони та смартфони є помічниками, без яких вже важко обійтись. Однак оточуюче нас середовище і комфортне існування у ньому може бути шкідливим для нашого здоров'я [1].

Важко усвідомити той факт, що завдяки такому глобальному технічному прориву здоров'я людини опинилося також під сильним ударом. Адже людина є не тільки біологічним об'єктом, але і енерго-інформаційним. Слабкі електромагнітні поля потужністю у соті і навіть тисячні частки Ватт високої частоти для людини мають загрозу тому, що інтенсивність таких полів співпадає з інтенсивністю випромінювання організму людини при звичайному функціонуванні усіх систем і органів його тіла. Як результат взаємодії власне поле людини викривлюється та провокує розвиток різних захворювань, особливо найбільш ослаблених ланок організму. Вплив електро-магнітного випромінювання (ЕМВ) призводить до змін структури нервових клітин та формули крові,

деформації системи кровообігу, патології ендокринної системи, зниження імунітету.

Одним зі способів захисту від ЕМВ є екранування, в основі якого лежать принципи відбиття та поглинання [2]. Металізовані тканини, які прийшли на заміну металевим листам та сіткам, є найбільш зручним матеріалом для захисту людей та приборів від ЕМВ, адже можуть бути застосовані у виробництві захисного одягу [3].

Основними способами отримання текстильних матеріалів для екранування ЕМВ є застосування металізованих волокон та ниток або нанесення металізованого шару на поверхню матеріалу [4]. Металізовані тканини залежно від подальшого застосування виробляють на різноманітній основі: бавовняній, поліефірній, поліамідній, параарамідній, скляній, базальтовій, тощо. Залежно від призначення тканини виготовляють з низькою (до 1500 Ом/кВ) або високою (0,003 до 0,4 Ом/кВ) електропровідністю. Тканини з високою відбивною здатністю забезпечують екранування ЕМВ у широких діапазонах частот з ефективністю екранування до 99,98 %. Електропровідні властивості таких тканин дозволяють застосовувати їх як антистатичні матеріали. В той же час, як і будь які інші текстильні матеріали, металізовані тканини є гнучкими, легкими та проникними.

Виробництво тканин з ефектом захисту від ЕМВ, які при цьому не втрачають своїх ергономічних властивостей, набуває все зростаючих масштабів. Враховуючи зростання кількості приборів та електроніки, які є джерелами ЕМВ, такі тканини в найближчому майбутньому використовуватимуться не тільки у виготовленні спеціального, але й повсякденного одягу. Головним завданням даного дослідження є встановити ефективність екранування ЕМВ тканинами, які представлені на ринку України.

***Об'єкти та методи досліджень.*** Для дослідження ефективності екранування ЕМВ були вибрані два зразки текстильних матеріалів ф.YSHIELD, призначені для виготовлення швейних виробів з метою захисту від високочастотного ЕМВ. Зовнішній вигляд та характеристики яких представлені на рис. 1 та в табл. 1.

Ефективність екранування текстильних зразків до дії ЕМВ вимірювали із застосуванням EM-2107A (Electro Metrics) відповідно до ASTM 4935-10 в діапазоні частот 30 МГц - 1,5 ГГц. Дослідження проводили з використанням векторного аналізатора Rohde & Schwarz ZNC3 (діапазон частот від 9 кГц до 3 ГГц).

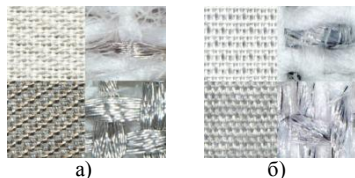


Рис.1. Зовнішній вигляд тканин ф. YSHIELD:  
а - SILVER-TWIN; б - STEEL TWIN [5]

Таблиця 1 – Характеристика досліджуваних текстильних матеріалів ф. YSHIELD

№	Артикул	Сировинний склад, [%]	Поверхнева густина [г/м <sup>2</sup> ]
11	Тканина SILVER-TWIN	Бавовна 50% Поліефір 35 % Срібло 15%	150
12	Тканина STEEL TWIN	Бавовна 68% Поліефір 16 % Сталь неіржавіюча 16%	190

Ефективність екранування (SE), яка виражається у децибелах [дБ], є сумою втрат відбиття та поглинання. Її визначають відношенням енергії, яку отримано при використанні матеріалу до енергії, яку отримано без його застосування і залежно від типу приймача може бути визначено за наступними формулами:

$$SE = 10 \log P_1/P_0 \text{ або } SE = 20 \log E_1/E_0 \text{ ( dB)} \quad (1)$$

де  $P_1$  або  $E_1$  – потужність або напруга, яку отримано при використанні матеріалу;

$P_0$  або  $E_0$  – потужність або напруга, яку отримано без використання матеріалу

**Результати досліджень.** Результати досліджень ефективності екранування ЕМВ текстильними матеріалами представлені на рис.2. Досліджувані матеріали містять металеві волокна: срібні (зразок №11) або сталеві (зразок №12), які за рахунок переплетення утворюють сітку. Саме ця сітка слугує захисним екраном. Екран працює таким чином, що електромагнітна хвиля при стиканні з текстильним матеріалом частково відбивається від його поверхні, частково проникає в об'єм тканини, де частково поглинається, багатократно відбивається від її структурних елементів та, наприкінці, частково проникає у екрануючу область. При цьому усі вище перераховані процеси супроводжуються втратами енергії електромагнітної хвилі, а, відповідно, послаблюють її дію.

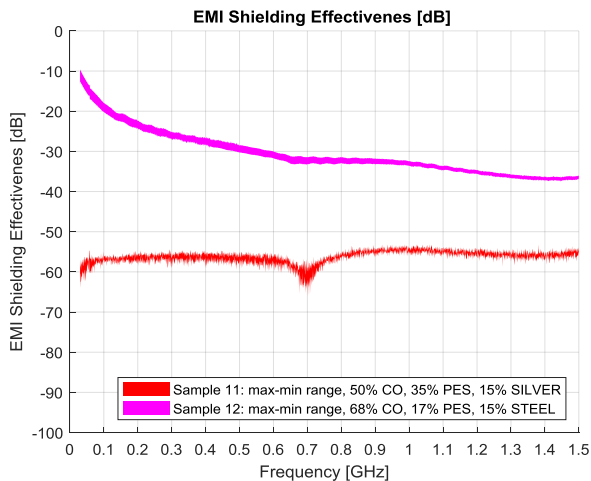


Рис.2. Ефективність екранування тканин ф. YSHIELD

Дослідження показали, що тканини мають достатню здатність екранування за класифікацією «професійне використання» відповідно до FTTS-FA-003 Specified Requirements of Electromagnetic Shielding Textiles [6]:

- зразок №11 має «дуже гарну» здатність екранування ( $60 \text{ dB} \geq \text{SE} > 50 \text{ dB}$ );
- зразок №12 має «середню» здатність екранування ( $40 \text{ dB} \geq \text{SE} > 30 \text{ dB}$ ).

При цьому потрібно зазначити, що зразок №12 (тканина зі сталевими волокнами) на відносно низьких частотах до 0,1 ГГц забезпечує недостатнє екранування. Потім амплітудно-частотна характеристика тканини вирівнюється, і ефективність екранування у проміжку від 0,7 до 1,5 ГГц дорівнює 35 дБ. В той же час, зразок №11 (тканина з волокнами срібла) має плоску амплітудно-частотну характеристику, при збереженні достатньої здатності екранування (55 дБ) у дуже широкому діапазоні частот, аж до 1,5 ГГц.

Такі відмінності у здатності екранування досліджуваних матеріалів можна пояснити електропровідністю матеріалу екрана, а саме металевої сітки. У зразка №11 сітка із срібла забезпечує високу ефективність екранування (55 дБ), що пояснюється найбільшою електропровідністю срібла у порівнянні з іншими металами (табл. 2).

Таблиця 2 – Електропровідність металів

Метал	Питомий опір, Ом·мм <sup>2</sup> /м	Питома електропровідність, МСм/м
Срібло	0,0160 – 0,0165	60,7 – 62,5
Мідь	0,0177 – 0,0173	56,6 – 57,8
Золото	0,0237	42,2
Алюміній	0,0275 – 0,0284	35,3 – 36,4
Нікель	0,0685	14,6
Сталь	0,073 – 0,097	10,3 – 13,7

**Висновок.** Враховуючи результати проведених досліджень промислових зразків текстильних матеріалів, які використовують для захисту від високочастотних полів, можна виділити основні фактори, які необхідно врахувати при розробці текстильних екранів, а саме:

- частотний діапазон електромагнітних полів;
- ступінь електропровідності матеріалів, які застосовують;
- показник магнітної проникності матеріалів;
- наявність, розташування та розміри отворів в екрані.

**Подяка.** Роботу виконано за підтримки МОН України в межах двостороннього україно-чеського науково-дослідного проекту «Розробка та дослідження наномодифікованих текстильних матеріалів для захисту людини та електронного обладнання (2019-2020р.р.)»

### Література

1. Oschman J. L. Energy Medicine. The scientific basis / James L. Oschman. – 2016. Elsevier. – 392 p.
2. Geetha S. EMI Shielding: Methods and Materials – A review / S. Geetha, K. K. Satheesh Kumar, Chepuri R. K. Rao, M. Vijayan, D. C. Trivedi // Journal of Applied Polymer Science. – 2009, Vol. 112. – pp. 2073–2086.
3. Malik P. Textiles for protection against Electromagnetic Radiations: A review / P. Malik, A. Sharma, Gianender, J.P. Sharma // Journal of Engineering Research and Application. – 2018, Vol.8, Issue 6 (Part III). – P.32-37.
4. Кизимчук О.П. Текстиль для захисту від електромагнітного випромінювання. / Кизимчук О.П., Арабулі С.І., Власенко В.І. // Вісник КНУТД. Технічні науки. – 2019, №3. – С.
5. Electromagnetic Radiation Shielding Product Catalogue – p.25. <https://www.yshield.com/eu/fabrics-textile-products>
6. FTTS-FA-003 Specified Requirements of Electromagnetic Shielding Textiles. – p.4.