

УК 538.61.331.45

к.т.н., доцент Панова О.В.,

elenapanova169@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7975-1584,

Київський національний університет будівництва і архітектури,

к.мед.н., професор Халмурадов Б.Д.

batyrk@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2225-6528,

к.т.н., доцент Ходаковський О.В.,

dzgeron@gmail.com, ORCID: 0000-0002-3930-0030,

Національний авіаційний університет, м. Київ,

доцент Азнаурян І.О.,

aznaurian.io@knuba.edu.ua, ORCID: 0000-0002-7085-7291,

Київський національний університет будівництва і архітектури

DOI: 10.32347/2076-815x.2019.70.454-464

МЕТАЛОПОЛІМЕРНИЙ МАТЕРІАЛ НА ТЕКСТИЛЬНІЙ ОСНОВІ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВПЛИВІВ

Розроблений та досліджений текстильний матеріал з різною концентрацією металевої екрануючої субстанції для захисту від техногенних електромагнітних полів широкого частотного діапазону.

Запропонована технологія виготовлення захисного одягу для працюючих при експлуатації високочастотного радіотехнічного обладнання.

Розраховані коефіцієнти екранування захисних матеріалів електромагнітного поля ультрависокої частоти та магнітного поля наднизької частоти з урахуванням сучасних державних стандартів України та Міжнародних стандартів з електромагнітної безпеки та електромагнітної сумісності технічних засобів.

Представлено практичне застосування та переваги даної розробки на виробництві у якості захисту працюючих від електромагнітних полів і для захисту чутливого електричного та електронного обладнання різноманітного призначення шляхом екранування.

Надано рекомендації по удосконаленню експлуатації спеціального одягу без зниження його захисних екрануючих елементів.

Ключові слова: екранування, захисті властивості, електромагнітне поле, електромагнітні випромінювання.

Вступ. На сьогоднішній день проблема розроблення спеціального матеріалу та вдосконалення його захисних властивостей від впливу негативних електромагнітних полів на виробництві дуже актуальна.

Це пояснюється невідповідністю якісних показників екрануючих поверхонь захисного одягу, який використовується в Україні, сучасним

вимогам, що обумовлено новітніми науковими даними про шкідливість магнітної складової електромагнітного поля промислової частоти для персоналу.

Відбувається зміна амплітудно-частотних характеристик електромагнітних випромінювань ультрависоких та вищих частот [1].

Крім того, наприклад, існуючий спеціальний одяг, а у першу чергу матеріали для його виготовлення, не відповідають сучасним вимогам термостійкості та іншим показникам з ергономіки.

Такі невідповідності потребують розроблення та дослідження нових матеріалів для зниження рівнів магнітних та електромагнітних полів.

Постановка проблеми. Усі захисні засоби індивідуального захисту, які використовуються в Україні, виробляються з текстильного матеріалу, у який вплетені металеві дроти та виготовляються зі спеціальної тканини різноманітних вітчизняних та закордонних виробників, які мають чітку регламентовану класифікацію.

Ці матеріали забезпечують захист від впливу електромагнітних випромінювань частотами 0,3 - 4,0 ГГц на рівні, відповідно, 50 - 40 дБ.

Як показали дослідження, такі коефіцієнти екранування є надлишковими, бо навіть зниження рівня електромагнітного поля на 10 дБ (у 10 разів) не завжди потрібне.

У реальних мовах, в місцях перебування працюючих рівні полів майже ніколи не перевищують гранично допустимі (у 3-4 рази). До того ж, у багатьох випадках електромагнітний вплив на працюючих має широкий частотний спектр. Наприклад, радіовипромінювання під час замикання та розмикання електричної дуги протягом електрозварювання.

Для захисту зварювальників було розроблено і досліджено захисне покриття на основі аморфного магнітотім'якого кобальтового сплаву [2, 3].

З цього матеріалу виготовлено екрануючий комплект для енергетиків [4]. Але для оперативної роботи, яка пов'язана з пересуваннями, ці вироби не зовсім зручні.

У дослідженні [5] наведені результати випробувань тканих матеріалів з наноструктурним мікродротом. Цей матеріал досить ефективний для високочастотних випромінювань, але не може бути використаний для захисту від впливу магнітних полів наднизької частоти. До того ж має складну технологію виготовлення і велику вартість, що не завжди прийнятне для масового використання та економічно не вигідно.

Це ж стосується композитного полімерного матеріалу на основі металевих наноструктур [6].

Наші попередні дослідження довели, що достатні коефіцієнти екранування як магнітного поля промислової частоти, так і випромінювання ультрависокої частоти забезпечують металеві та металовмісні частинки мікророзмірів [7]. Такі частинки містяться, зокрема, у дрібнодисперсному пилу залізної руди.

Тому доцільно розглянути можливість виготовлення захисного матеріалу на його основі.

Мета роботи – розроблення, виготовлення та дослідження захисних властивостей металовмісного матеріалу на текстильній основі щодо широкого діапазону електромагнітних полів.

Дрібнодисперсний залізорудний пил утворюється під час подрібнення руди на гірничозбагачувальних комбінатах. Він осідає на фільтрувальних завісах аспіраційних систем та у вигляді водних суспензій.

За даними заводських лабораторій, вміст заліза та його сполук складає: Fe–43%, FeO, Fe₃O₄– 8-30%. Усі вони мають екрануючі властивості.

Головною задачею на попередньому етапі є визначення дисперсності пилу.

Вирішування цього питання здійснювалося методом седиментації з використанням торсійних вагів.

На першому етапі визначалося відносна маса частинок різного розміру у загальній масі матеріалу (Рис.1).

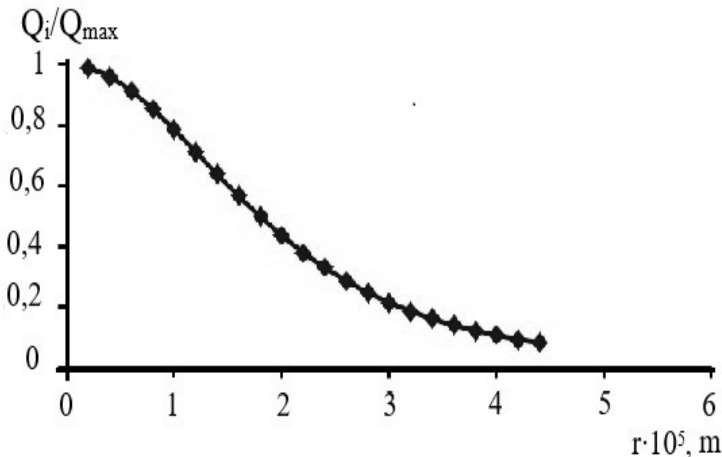


Рис. 1. Визначення відносної маси частинок кожного розміру у загальній масі залізорудного пилу

На другому етапі визначився розподіл частинок за їх розмірами (Рис.2).

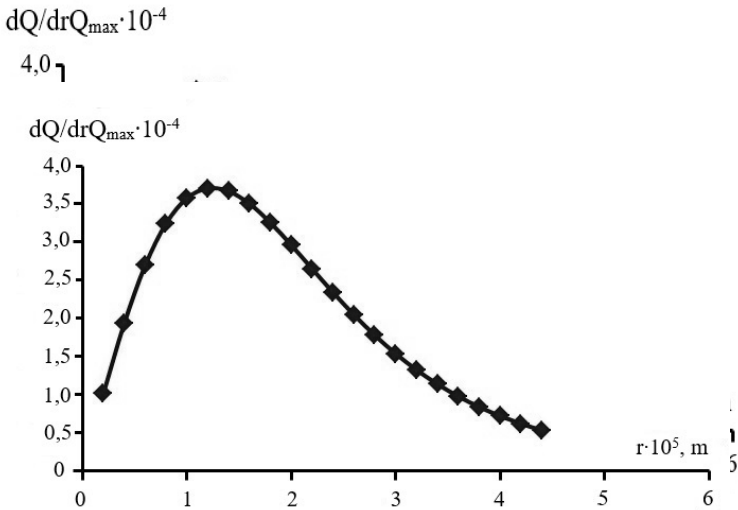


Рис. 2. Розподіл частинок за розмірами у загальній масі залізорудного пилу

Як видно з наведених рисунків, переважна кількість частинок має розміри, близькі до 12 мкм, що з огляду на отримані раніше дані є задовільним.

Слід зазначити, що виконання такого аналізу потрібне з метою прогнозування ефективності виробу (ефективність екранування критично залежить від дисперсності металевої та металовмісної субстанції). Крім того, дисперсність пилу та вміст у ньому заліза та його сполук залежить від ділянки, на якій відбирався цей пил та характеристик самої руди.

Наступною задачею є закріплення частинок залізорудного пилу на текстильному матеріалі. У якості основи обрано льняну тканину, яка за міцністю, терморегуляційними властивостями тощо найбільш придатна для вироблення легкого спеціального одягу.

Звичайне просочення тканини водним розчином залізорудного пилу не дає бажаного результату через недостатнє зчеплення частинок з волокнами. Необхідність доброго зчеплення обумовлюється обов'язковим витримуванням одягу багаторазового прання без втрати захисних властивостей.

У якості в'язучого матеріалу було обрано латекс, який за гігієнічними показниками відповідає чинним вимогам.

Технологія його виготовлення з додаванням екрануючої субстанції добре відпрацьована: під час виготовлення латексу усі компоненти

подрібнюються у спеціальному млині – брабендері (brabender). При цьому у стандартну суміш додається залізорудний пил. Кінцевий продукт наноситься на тканину, яка прокатується крізь вальці.

На вальцях матеріал проходить термічну обробку і остаточно закріплюється на тканині. Кінцева товщина матеріалу складає 0,25 – 0,30 мм. Було проведені випробування захисних властивостей матеріалу.

Випробування виконувалися щодо високочастотного електромагнітного випромінювання частотою 1,8 ГГц, найбільш поширеної частоти засобів бездротового зв'язку. Ефективність екранування магнітного поля наднизької частоти визначалося для магнітного поля промислової частоти та її гармонік.

Врахування гармонік є обов'язковим через їх наявність внаслідок роботи великої кількості електроспоживачів з нелійними вольт-амперними характеристиками.

Вимірювання коефіцієнта екранування здійснювалося для одного та двох шарів матеріалу n. У таблиці 1 наведено густини потоків енергії джерела поля W_d та у захищеній зоні W_e . Наведено середні значення коефіцієнтів екранування.

Таблиця 1.

Коефіцієнти екранування захисних матеріалів електромагнітного поля ультрависокої частоти

n	W_d , мкВт/см ²	W_e , мкВт/см ²	K_e
1	250 - 300	120 - 150	2,0
2	250 - 300	50 - 70	4,6

Отримані результати свідчать про задовільні захисні властивості розробленого матеріалу для електромагнітного поля 1,8 ГГц.

Слід очікувати, що ефективність екранування полів розповсюджених джерел більш високих частот: 2,4 – 2,6 ГГц буде ще вищою, що визначено для інших екрануючих матеріалів [8].

Для більшості промислових та побутових умов це цілком достатньо.

Випробування захисних властивостей матеріалу щодо магнітного поля промислової частоти та його гармонік здійснювалось з використанням замкненого екрана, враховуючи квазістаціонарність такого поля. Для цього крізь технологічний отвір в центрі екрана вміщується вимірювальна антена.

Результати вимірювань наведено у табл. 2.

Таблиця 2.

Коефіцієнти екранування магнітного поля наднизької частоти

n	B_d , мкТл	B_e , мкТл	K_e
1	60 - 62	33 - 34	1,85
2	60 - 62	8 - 9	7,60

У таблиці 2 наведено значення індукції магнітного поля джерела B_d , та значення екранованого магнітного поля B_e , а також представлені середні значення коефіцієнта екранування K_e .

Отримані результати також можна вважати задовільними, враховуючи малу товщину матеріалу.

Було розраховано ефективну магнітну проникність матеріалу μ_{ef} за таких коефіцієнтів екранування. Вважалося, що екран має форму циліндра великої довжини [7]:

$$K_e = \frac{\mu_{ef}(\epsilon^2 - a^2)}{4\epsilon^2}, \quad (1)$$

де a , ϵ – внутрішній та зовнішній радіуси циліндра.

Розрахунок показав, що ефективна магнітна проникність у даному випадку складає 10-16. Тобто, за підвищення концентрації феромагнітної субстанції коефіцієнт екранування може бути підвищений до потрібного значення, що є ґрунтом для проектування електромагнітних екранів заданих захисних властивостей.

Практичне застосування даної розробки. За такої товщини та концентрації металевої субстанції матеріал має досить велику жорсткість і може не перебувати у листовому або рулонному вигляді (Рис.3).



Рис. 3. Зовнішній вигляд екрануючого матеріалу на основі тканини та залізородного пилу.

У такому стані розроблений матеріал найбільш придатний для використання у якості колективних засобів захисту:

- облицювання стін приміщень;
- повне екранування окремих електронних технічних засобів;
- повне екранування електричних технічних засобів різного призначення;
- забезпечення електромагнітної сумісності обладнання;
- забезпечення часткового екранування (залежить від специфіки обладнання та щільності розташування такого обладнання на виробництві).

Але **найбільш актуальною є задача** створення захисного одягу для використання в енергетичній галузі та персоналу з експлуатації високочастотного радіотехнічного обладнання. Це можливе за рахунок використання матеріалу у якості окремих вставок різноманітної форми у спеціальні накладні кишені, за принципом виготовлення деяких видів броне-захисного одягу.

Додатковою перевагою такої конструкції є:

- можливість прання у процесі експлуатації спеціального одягу без зниження захисних властивостей екрануючих елементів;
- можливість хімічної очистки одягу будь якої складності після експлуатації;
- відсутність деградації матеріалу через розриви металевих дротів, вплетених у матеріал;
- низька жорсткість;
- відносно низька вага.

Враховуючи низьку вартість латексу та використання залізорудного пилу, виробництво спеціального одягу з такого матеріалу економічно доцільне.

Висновки та рекомендації подальшого дослідження

1. Застосування пилу збагаченої залізної руди та латексу для нанесення на текстильний матеріал дозволяє отримати матеріал для захисту від техногенного впливу електромагнітних полів широкого частотного діапазону товщиною 0,25 – 0,30 мм.

2. Коефіцієнти екранування електромагнітних полів ультрависоких частот та магнітних полів наднизьких частот достатні для його використання у більшості виробничих умов.

3. Матеріал можливо використовувати для забезпечення електромагнітної сумісності чутливого електронного та електричного технологічного обладнання в умовах щільного розміщення на виробничих площах.

4. Розроблений та випробуваний захисний матеріал можливо використовувати як засіб колективного захисту (облицювання стін, ізоляція джерел електромагнітних полів) так і для виробництва засобів індивідуального захисту. Для цього з даного матеріалу виготовляються спеціальні вставки у конструкційні елементи одягу, що дозволяє зберегти захисні властивості під час експлуатації, прання та хімічної чистки одягу.

Література

1. Панова О.В. Захист працюючих від впливу електромагнітних полів екрануванням: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Панова Олена Василівна – К., 2014. – 151 с.

2. Левченко О.Г. Экранирующие материалы и средства индивидуальной защиты сварщика от магнитных полей / О.Г. Левченко, В.К. Левчук, О.Н. Тимошенко // Автомат сварка, 2011. – № 3. – С.49– 55.

3. Пат. Україна 50293, МПК G12B17/00. Фартух електрозварника / Лобанов Л.М., Левченко О.Г., Левчук В.К. та ін.; заявник і патентоотримувач ІЕЗ ім. Є.О. Патона; заявл.18.03.1010; опубл. 25.05.2010, Бюл. № 10.

4. Пат. Україна 90892, МПК G12B 17/00. Екрануючий комплект / Здановський В.Г., Левченко Л.О., Осадчій Д.Б., Паньків Х.В., Подобєд І.М. // Опубл. 10.06.2014. Бюл. № 11.

5. Ахмед А.А. Экраны электромагнитного излучения на основе модифицированных хлопкополиэфирных тканых полотен с наноструктурированным микропроводом: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.19 Методы и системы защиты информации, информационная безопасность / А.А. Ахмед. – Минск, 2016. – 22 с.

6. M. Jalali. Electromagnetic shielding of polymer-matrix composites with metallic nanoparticles / M. Jalali, S. Dauterstedt, A. Michaud, R.Wuthrich // Composites Part B: Engineering. – 2011. – P. 1420 – 1426.

7. Development and investigation of protective properties of the electromagnetic and soundproofing screen [V. Glyva, J. Lyashok, I. Matvieieva, V. Frolov, L. Levchenko, O. Tykhenko, O. Panova, O. Khodakovskyy, B. Khalmuradov, K. Nikolaiev] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Vol. – No 5 (96). – PP. 54 – 61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.150778>

8. Design and study of protective properties of electromagnetic screens based on iron ore dust / [V. Glyva, S. Podkopaev, L. Levchenko, N. Karaieva, K. Nikolaiev, O. Tykhenko, O. Khodakovskyy, B. Khalmuradov] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – Iss. 1/5 (91). – PP. 10 – 17.

к.т.н., доцент Панова Е.В.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
к.мед.наук., проф. Халмурадов Б.Д., к.т.н., доцент Ходаковский А.В.,
Национальный авиационный университет, г.Киев
доц. Азнаурян И.А.,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

МЕТАЛОПОЛИМЕРНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ТЕКСТИЛЬНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Разработан и исследован защитный текстильный материал толщиной 0,25–0,30 миллиметров для использования коллективной и индивидуальной защиты от влияния техногенного электромагнитных полей широкого частотного диапазона. Проведены исследования с использованием металлической субстанции (железородной пыли) при нанесении и пропитке её в данный текстильный материал.

Установлены наиболее благоприятные свойства нити различных тканей для внедрения в неё защитной пыли.

Рассчитаны коэффициенты экранирования электромагнитных полей в различных частотных диапазонах при использовании на производстве данного защитного экранирующего материала в зависимости от концентрации металлической субстанции в нём.

Разработано и предложено изготовление специальных вставок (карманов) из нового защитного материала в накладные конструкции элементов одежды на производстве. Такой метод использования позволяет не только защитить материал при стирке и химической очистке после рабочего процесса, но и увеличить на более длительный срок эксплуатацию, что более экономически выгодно для предприятия.

Такая методика индивидуальной защиты от действия техногенных электромагнитных полей пригодна и для коллективной защиты и облицовки больших площадей, что зависит от специфики производства или предприятия и техногенного воздействия в целом.

Рассмотрены и сформулированы преимущества разработанной конструкции при совместной работе и защите людей на производстве, а также – защите чувствительного электронного оборудования, с учетом последних изменений в Международных стандартах.

Предложена методика по созданию защитной одежды и покрытий для использования её в энергетической отрасли при защите персонала и эксплуатации высокочастотного радиотехнического оборудования.

Ключевые слова: экранирование, защитные свойства, электромагнитное поле, электромагнитные излучения

PhD, Associate Professor Panova Olena,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
PhD, Professor Batyr Khalmuradov,
PhD, Associate Professor Khodakovskyy Oleksiy,
National Aviation University, Kyiv,
Associate Professor Aznaurian Iryna
Kyiv National University of Construction and Architecture

TEXTILE BASED METAL-POLYMERIC MATERIAL FOR PROTECTION AGAINST ELECTROMAGNETIC INFLUENCES

A protective textile material with a thickness of 0.25–0.30 mm has been researched and developed for using against the influence of electromagnetic fields of a wide frequency range, to protect groups of people and individuals. Studies have been carried out treating and applying a metal substance (iron ore dust) to a textile material.

The most favorable properties for threads of various fabrics have been established for introducing protective dust into it.

The most favorable shielding factors against electromagnetic fields of various frequency range are obtained by using this protective material in production facilities, depending on the concentration of metal substances in it.

Manufacturing special inserts (pockets) from the new protective material in the overhead structure elements of clothing in production is designed and proposed.

This method of use allows not only to protect the material during washing and chemical cleaning, but also to increase for a longer service life, which is economically beneficial for the enterprise. The same method is suitable both for individual protection against the actions of electromagnetic fields, and for collective protection and lining of large areas, depending on the specifics of production.

The advantages of such a design have been reviewed by taking into account all the recent changes in international standards for protecting people and teams of workers at production facilities, as well as protecting the highly sensitive electronic equipment. The method for creating protective clothing and coatings in order to be used for protecting the personnel and maintaining high-frequency radio equipment in the energy industry are proposed.

Key words: shielding, protective properties, electromagnetic field, electromagnetic radiation

References

1. Panova O.V. (2014). Protection of workers from the influence of electromagnetic fields by screening: dis. ... Candidate tech Sciences: 05.26.01.
2. O.G. Levchenko, V.K. Levchuk, O.N. Timoshenko. (2011). Shielding materials and means of individual protection of the welder from magnetic fields. *Automatic welding*, № 3, P.49 - 55.
3. Lobanov L.M., Levchenko O.G., Levchuk V.K. etc. (2010). Apron of electric welder. Pat. Ukraine 50293, IPC G12B17/00., Applicant and Patent Attorney IES EO Paton; Statement of 18.03.1010, published May 25, 2010, Byul. 10.
4. Zdanovskyy V.H., Levchenko L.O., Osadchiy D.B., Pankiv KH.V., Podobyed I.M. (2014). Screening kit. Pat. Ukraine 90892, IPC G12B 17/00., Published June 10, 2014 Bull 11.
5. Akhmed A.A. (2016). Electromagnetic radiation screens based on modified cotton-polyester woven fabrics with nanostructured microwires: author. dis. Cand. tech. Sciences: 05.13.19 Methods and systems of information protection, informational safety., Minsk.
6. M. Jalali, S. Dauterstedt, A. Michaud, R. Wuthrich. (2011). Electromagnetic shielding of polymer-matrix composites with metallic nanoparticles. *Composites Part B: Engineering*, P. 1420 – 1426.
7. V. Glyva, J. Lyashok, I. Matvieieva, V. Frolov, L. Levchenko, O. Tykhenko, O. Panova, O. Khodakovskyy, B. Khalmuradov, K. Nikolaiev. (2018). Development and investigation of protective properties of the electromagnetic and soundproofing screen. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, V 5 (96), P. 54 – 61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.150778>
8. V. Glyva, S. Podkopaev, L. Levchenko, N. Karaieva, K. Nikolaiev, O. Tykhenko, O. Khodakovskyy, B. Khalmuradov. (2018). Design and study of protective properties of electromagnetic screens based on iron ore dust. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Iss. 1/5 (91), P. 10 – 17.