

УДК 537.87:669.162.12 (045)

<https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-1-108-113>О.В. Панова  
Я.І. Бірук

## ЗАСАДИ РОЗРОБЛЕННЯ РІДКИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ШИРОКОГО ЧАСТОТНОГО ДІАПАЗОНУ

**Мета:** Створено рідкий матеріал на основі серійних фарб та дрібнодисперсного концентрату залізної руди. За вмісту наповнювача 60-70 % коефіцієнти екранування електричного поля промислової частоти складає 2,6-9,1; магнітного поля промислової частоти – 4,5-6,2; електромагнітного поля ультрависокої частоти – 4,4-8,5. При цьому коефіцієнти відбиття електромагнітних хвиль принаймні удвічі нижчі, ніж у металевих екранів.

**Методика:** Надано розрахунковий апарат для перерахунку вагового вмісту у об'ємний вміст екрануючого наповнювача. Це надає можливість застосувати для прогнозування електричних та магнітних властивостей металодіелектриків співвідношення Лорентца та Максвелла-Гарнета. Для виявлення надійності зчеплення отриманих сумішей з поверхнями нанесення було виконано дослідження хіміко-колоїдних властивостей сумішей для нанесення на гіпсокартон.

**Наукова новизна:** Встановлено, що зниження поверхневого натягу, кута змочування поверхні, роботи сил адгезії, когезії та змочування, коефіцієнта розтікання перебувають у межах, які забезпечують надійність і довговічність зчеплення матеріалу із поверхнями.

**Результати:** Показано, що зниження захисних властивостей на водно-дисперсійному носії відбувається за рахунок окислення наповнювача. Виготовлено рідкі композиції на основі ряду лакофарбових матеріалів і концентратів залізної руди, які можуть покривати великі поверхні в різних формах і конфігураціях.

**Практична значимість:** Для використання отриманих сумішей у галузях забезпечення електромагнітної сумісності електричного та електронного обладнання необхідне підвищення захисних властивостей. Це можливо за рахунок підвищення концентрації екрануючого наповнювача або підвищення питомої провідності матеріалів у твердому стані додаванням до рідкої суміші дрібнодисперсного матеріалу з високою провідністю.

**Ключові слова:** електромагнітний екран, композиційний матеріал, коефіцієнт екранування, адгезія.

### Вступ.

Екранування є найбільш ефективним засобом захисту людей від впливу електричних, магнітних та електромагнітних полів. Але практичні застосування матеріалів для виготовлення електромагнітних екранів зустрічається з низкою проблем. Більшість металевих захисних матеріалів мають велику вагу і жорсткість, що ускладнює їх практичне застосування. У низькочастотній області електромагнітного спектра більша частина захисних властивостей припадає на поглинання електромагнітної енергії, у високочастотній – на відбиття електромагнітних хвиль, що є небажаним. Цих недоліків можуть бути позбавлені композиційні екрануючі матеріали. Але якщо вони дуже тонкі й еластичні, то мають велику вартість, а матеріали більшої товщини (0,3-1,0 мм) складно застосувати для облицювання поверхонь складної форми.

В останні роки здійснено низку досліджень і розробок щодо рідких екрануючих сумішей, але більшість з них виготовлено з компонентів високої вартості, що робить їх придатними тільки для захисту

цінної або чутливої електронної апаратури від електромагнітних впливів. Актуальна задача полягає у розробленні рідкого захисного матеріалу прийнятної вартості та ефективності, придатного для облицювання великих площ будь-яких конфігурацій.

### Аналіз публікацій і розробок.

Більша частина досліджень і розробок з екранування електромагнітних полів різних частотних діапазонів (у тому числі і ширококутових) стосуються композиційних металополімерних та вуглеполімерних матеріалів [1–3]. Такі матеріали або вузькосмугові, або мають великі товщини, що погіршує технологію їх практичного застосування. Частина тонких захисних матеріалів виготовлена на базі нанотехнологій [4–6]. Але синтез наноструктур або виготовлення колоїдних розчинів з магнітними наноструктурами мають надзвичайно високу вартість. Щодо рідких матеріалів, то частина з них у твердому стані (після застосування) схильна до деградації [7] через складність складу. Рідкий матеріал із вмістом графену [8]

складний у виготовленні, а застосування графену замість звичайного дрібнодисперсного вуглецевого провідного матеріалу за результатами (коефіцієнта екранування) не виправдане. До того ж висока ефективність спостерігається тільки в області ультрависоких частот. У дослідженні [9] використана суміш зі стандартних фар та дрібнодисперсної металовмісної субстанції. Отримані результати прийнятні для більшості виробничих умов, але викликає сумнів стабільність таких композицій у процесі експлуатації та втрата зчеплення з основою за підвищення концентрації екрануючого матеріалу. Цей напрям є ефективним через зручність застосування таких матеріалів, що потребує визначення залежностей від вмісту екрануючої субстанції та сорбційних якостей таких матеріалів.

#### Мета статті.

Дослідити захисні властивості рідких металовмісних сумішей на основі серійних лакофарбових матеріалів та визначити вплив екрануючих домішок на реологічні властивості матеріалів.

#### Результати досліджень.

Для виготовлення зразків екрануючого матеріалу у якості матриці обрано серійні фарби: водно-дисперсійна, геополімерна та геополімерна з металовмісним стандартним пігментом GreyX у пропорції 1:0,5, які показали прийнятні якості у попередньому дослідженні [9]. У якості екрануючої субстанції використано концентрат залізної руди з дисперсністю 22-23 мкм. Пігментна суміш ( $Al_2O_3$  – 50 %,  $TiO_2$  – 25 %,  $Fe_2O_3$  – 10 %) має дисперсність 8-9 мкм

Враховуючи попередні результати, концентрація екрануючої субстанції була підвищена на 60% та 70 % (за вагою). Це дозволило збільшити об'ємний вміст металовмісних частинок до 14-15 %, що підвищує провідність матеріалу і сприяє зростанню захисних властивостей у високочастотній області електромагнітного спектра.

Було проведено вимірювання коефіцієнтів екранування трьома сумішами електричної та магнітної складових електромагнітного поля промислової частоти та електромагнітного поля ультрависокої

частоти (2,45 ГГц), що відповідає робочим частотам усіх мікрохвильових печей. Вимірювання виконувалися каліброваними вимірювачами напруженостей електромагнітних полів ПЗ-50 та ПЗ-31. Коефіцієнтом екранування  $K_e$  вважається відношення параметра поля перед екраном до цього показника у захищеній зоні. Захисні властивості матеріалів на промисловій частоті визначалися з використанням геометрично замкнених екранів кубічної форми розмірам  $0,25 \times 0,25 \times 0,25$  м. Випробування у високочастотній області виключали проникнення поля поза екраном внаслідок дифракційних екранів. Результати випробувань наведено у таблицях 1–3.

**Таблиця 1.** Коефіцієнти екранування  $K_e$  електричної складової електромагнітного поля промислової частоти за різного вмісту екрануючої субстанції

Матеріал	$K_e$	
	60 %	70 %
Водно-дисперсійна фарба	2,4–2,5	2,6–2,7
Геополімерна фарба	5,0–5,1	5,2–5,3
Геополімерна фарба і пігмент	8,6–8,7	9,0–9,1

**Таблиця 2.** Коефіцієнти екранування  $K_e$  магнітної складової електромагнітного поля промислової частоти за різного вмісту екрануючої субстанції

Матеріал	$K_e$	
	60 %	70 %
Водно-дисперсійна фарба	3,4–3,5	4,5–4,6
Геополімерна фарба	7,9–8,0	8,9–9,0
Геополімерна фарба і пігмент	5,7–5,8	6,1–6,2

Аналіз отриманих результатів свідчить про прийнятне зростання захисних властивостей за незначного (за об'ємом) зростання концентрації металовмісного матеріалу. Але звертає на себе увагу зниження, порівняно з попередніми

дослідженнями [9], ефективності матеріалу на основі водно-дисперсійної фарби. Враховуючи великий термін зберігання матеріалу порівняно з попереднім випадком, це явище можна пояснити окисним процесом у водному середовищі, що додатково знижує провідність кінцевого матеріалу.

**Таблиця 3.** Коефіцієнти екранування  $K_e$  електромагнітного поля ультрависокої частоти за різного вмісту екрануючої субстанції

Матеріал	$K_e$	
	60 %	70 %
Водно-дисперсійна фарба	3,7–3,8	4,4–4,5
Геополімерна фарба	5,7–5,8	6,4–6,5
Геополімерна фарба і пігмент	4,1–4,2	8,4–8,5

Як зазначалося вище, для захисту людей критичними бувають коефіцієнти відбиття матеріалів. Цей показник також важливий для забезпечення електромагнітної сумісності електронного обладнання. Було проведено вимірювання коефіцієнтів відбиття ( $K_v$ ) отриманих матеріалів (таблиця 4).

**Таблиця 4.** Коефіцієнти відбиття  $K_v$  електромагнітного поля ультрависокої частоти за різного вмісту екрануючої субстанції

Матеріал	$K_v$	
	60 %	70 %
Водно-дисперсійна фарба	0,20–0,21	0,23–0,24
Геополімерна фарба	0,16–0,17	0,21–0,22
Геополімерна фарба і пігмент	0,32–0,33	0,37–0,38

Наведені дані свідчать про зростання коефіцієнтів відбиття, що є очікуваним, але потрібно відмітити зниження цього параметра разом з загальним коефіцієнтом екранування на водно-дисперсійному носії, що свідчить про деградацію матеріалу.

Суттєве підвищення загального коефіцієнту екранування композицій пов'язане з формуванням у матеріалі кластерів провідності, що залежить від об'ємного вмісту металевого матеріалу. Тому ваговий вміст цієї субстанції необхідно перераховувати за співвідношенням:

$$\frac{V_m}{V_d} = \frac{k\rho_d}{\rho_m},$$

де  $V_m$ ,  $V_d$  – об'єми наповнювача та діелектрика;  $\rho_m$ ,  $\rho_d$  – густина наповнювача та діелектрика.

Такі дані є критичними для оцінки магнітних та електричних властивостей кінцевого матеріалу, що доцільно здійснювати за співвідношеннями Лорентца для магнітної проникності магнітодіелектриків:

$$\mu = 1 + \frac{v_m(\mu_m - 1)}{1 + \frac{1 - v_m}{3}(\mu_m - 1)},$$

де  $\mu$  – ефективна магнітна проникність магнітодіелектрика,  $\mu_m$  – магнітна проникність наповнювача,  $v_m$  – об'ємний вміст наповнювача у матеріалі.

Для визначення ефективності діелектричної проникності композиції доцільно використовувати співвідношення Максвелла-Гарнета:

$$\frac{\epsilon - \epsilon_d}{\epsilon + 2\epsilon_d} = v_m \frac{\epsilon_m - \epsilon_d}{\epsilon_m + 2\epsilon_d},$$

де  $\epsilon_d$ ,  $\epsilon_m$  – діелектричні проникності матриці та наповнювача,  $v_m$  – об'ємна доля наповнювача у діелектричній матриці.

На основі цих даних можна попередньо визначити прогнозовані коефіцієнти екранування та відбиття захисних матеріалів, що спрощує проектувальні роботи. Для точного визначення згаданих коефіцієнтів важливим показником є питома провідність матеріалу, яку практично неможливо попередньо розрахувати. Тому у подальшому доцільно провести серію експериментів з

вимірюванням питомих провідностей композицій з різним об'ємним вмістом наповнювача, що у подальшому слугуватиме довідковими даними для проектування засобів захисту.

Але прийнятні захисні властивості досліджених матеріалів не гарантують їх технологічність у практичному застосуванні – стабільне при довготривалій експлуатації. Така стабільність обумовлюється, у першу чергу, адгезивними властивостями рідкого матеріалу. Тому було проведено низку експериментів щодо основних реологічних властивостей композицій з їх порівнянням з властивостями рідкого носія. Визначалися ці параметри нанесенням водно-дисперсійної фарби з додаванням екрануючої субстанції на поширений конструкційний матеріал – гіпсокартон. Динамічна в'язкість вимірювалася з використанням віскозиметра Брукфільда LVDV2T. Поверхнєве натягіння, кути змочування, роботи сил адгезії, когезії і змочування розраховувалися за допомогою співвідношень, наведеними у [10, 11]. Вихідна густина носія складає  $1,03 \text{ г/см}^3$ . З наповнювачем вона складає  $1,9\text{--}2,0 \text{ г/см}^3$ . При цьому змінюються хіміко-колоїдні властивості захисних матеріалів (табл. 5).

**Таблиця 5.** Хіміко-колоїдні властивості захисних матеріалів у рідкому стані\*

Показник	0 %	60 %	70 %
$\gamma$ , мН/м	36,0	50,0	48,7
$\cos \theta$	0,42	0,2	0,4
$W_a$ , мН/м	50,9	51,0	50,4
$W_k$ , мН/м	71,8	99,9	98,8
$W_z$ , мН/м	15,0	10,0	8,9
S	0,71	0,51	0,49

\*  $\gamma$  – поверхнєве натягіння,  $\cos \theta$  – косинус кута змочування рідиною поверхні,  $W_a$ ,  $W_k$ ,  $W_z$  – роботи сил адгезії, когезії і змочування, S – коефіцієнт розтікання.

Наведені дані, враховуючи стійкість покриттів з меншою концентрацією наповнювача [9], свідчать про достатнє зчеплення суміші з поверхнею гіпсокартону, що дозволяє надійно наносити їх на поверхні для захисту людей від електромагнітних

полів широкого частотного діапазону. Але для багатьох застосувань отримані коефіцієнти екранування для усіх діапазонів недостатні, наприклад, для вирішення задач електромагнітної сумісності електричного та електронного обладнання. Для підвищення захисних властивостей перспективними є два шляхи – підвищення концентрації існуючого наповнювача та підвищення питомої провідності матеріалу. Останнє потребує додавання матеріалу з великою провідністю, наприклад дрібнодисперсного графіту. Реалізація цих задач потребує проведення подальших досліджень.

### Висновки.

1. Створення рідких композицій на основі серійних лако-фарбових матеріалів та дрібнодисперсного концентрату залізної руди дозволяє облицьовувати поверхні великих площ різної форми та конфігурації. Коефіцієнти екранування електричного поля промислової частоти складають до 9,1; магнітного поля промислової частоти складають до 6,2; електромагнітного поля ультрависокої частоти – до 8,5, відповідно.

2. Дослідження зчеплення отриманих рідких матеріалів з поверхнею гіпсокартону свідчить про стабільність і надійність покриття. Хіміко-колоїдні властивості сумішей за вмісту наповнювача 60–70 % свідчать про можливість підвищення захисних властивостей сумішей.

3. Для подальшого підвищення захисних властивостей композицій можливо збільшити концентрації екрануючого наповнювача. Перспективним є підвищення питомої провідності матеріалу за рахунок додавання у суміш дрібнодисперсної субстанції високої провідності.

### Список літератури

- Glyva, V., Kasatkina, N., Nazarenko, V., Burdeina, N., Karaieva, N., Levchenko, L., Panova, O., Tykhenko, O., Khalmuradov, B., & Khodakovskyy, O. (2020). Development and study of protective properties of the composite materials for shielding the electromagnetic fields of a wide frequency range. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(12 (104)), 40–47. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.201330>
- Barsukov V., I. Senyk, O. Kryukova, O. Butenko Composite Carbon-Polymer Materials for Electromagnetic Radiation Shielding Materials Today: *Proceedings*, 2018, V. 5, No 8, Part 1, pp. 15909-15914.
- Glyva V., Tykhenko O., Nikolaev K. Screening as a major method of population protection from electromagnetic radiation. *International Symposium on Sustainable*

- Aviation: Abstract Book of International Symposium on Sustainable Aviation, Rome, Italy, 9-11 July 2018. Rome, 2018. P. 69.
4. Тихенко О. М., Багрий М. М., Левченко Л. О., Ходаковський О. В., Резнік Д. В. Розроблення та дослідження захисних властивостей металотекстильних електромагнітних екранів. Вісті Донецького гірничого інституту, Покровськ, 2019. Вип. № 1(44). С. 100–106.
5. Glyva V., Barabash O., Kasatkina N., Katsman M., Levchenko L., Tykhenko O., Nikolaiev K., Panova O., Khalmuradov B., Khodakovskyy O. Studying the shielding of an electromagnetic field by a textile material containing ferromagnetic nanostructures. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Iss. 1/10 (103). PP. 26–31.
6. Yadav R. S., Kuritka I., Vilcakova J., Machovsky M., Skoda D., Urbanek P., Masar G., Kalina L., Havlica J. Polypropylene Nanocomposite Filled with Spinel Ferrite NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles and In-Situ Thermally-Reduced Graphene Oxide for Electromagnetic Interference Shielding Application. Nanomaterials 2019, Vol. 9, P. 621. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano9040621>
7. Liying Zhang, Shuguang Bi and Ming Liu (December 2nd 2018). Lightweight Electromagnetic Interference Shielding Materials and Their Mechanisms. Electromagnetic Materials and Devices, Man-Gui Han, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.82270
8. Senyk I., Kuryptia Y., Barsukov V., Butenko O., Khomenko V. Development and application of thin wide-band screening composite materials Physics and Chemistry of Solid State, 2020, 21(4), pp. 771–778. <https://journals.pnu.edu.ua/index.php/pcss/article/view/4451/5175>
9. Glyva, V., Bakharev, V., Kasatkina, N., Levchenko, O., Levchenko, L., Burdeina, N., Guzii, S., Panova, O., Tykhenko, O., & Biruk, Y. (2021). Design of liquid composite materials for shielding electromagnetic fields. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(6 (111), 25–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231479>
10. S. Guzii, I. Bazhelka, V. Lashchivskiy, Study of the influence of compounds of the ANO<sub>3</sub> and ANO<sub>3</sub> nH<sub>2</sub>O types on rheokinetic and colloid chemical properties of aluminosilicate adhesives for wood. J. Science Rise No 5(70) (2020) 14-23. doi: <http://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001493>
11. Guzii, S. G., Krivenko, P. V., Bondarenko, O. P., & Kopylova, T. (2019). Study on Physico-Mechanical Properties of the Modified Alkaline Aluminosilicate Adhesive-Bonded Timber Elements. In Solid State Phenomena (Vol. 296, pp. 112–117). Trans Tech Publications, Ltd. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.296.112>
1. Glyva V., Kasatkina N., Nazarenko V., Burdeina N., Karaieva N., Levchenko L., Panova O., Tykhenko O., Khalmuradov B., Khodakovskyy O. (2020) Development and research of protective properties of composite materials for screening electromagnetic fields of a wide frequency range. [Rozrobka ta doslidzhennia zakhysnykh vlastyvostei kompozytsiinykh materialiv dlia ekranuvannia elektromahnitnykh poliv shyrokooho diapazonu chastot] Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohiyi. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Iss. 2/12 (104). P. 40–47.
2. Barsukov V., Senyk I., Kryukova O., Butenko O. (2018) Composite Carbon-Polymer Materials for Electromagnetic Radiation Shielding [Kompozytsiini vuhletsevo-polimerni materialy dlia zakhystu vid elektromahnitnoho vyprominiuvannia] Materialy sohodni: pratsi.. Materials Today: Proceedings, V. 5, No 8, Part 1, pp. 15909-15914.
3. Glyva V., Tykhenko O., Nikolaev K. (2018). Screening as a major method of population protection from electromagnetic radiation [Skrynnih yak osnovnyi metod zakhystu naseleennia vid elektromahnitnoho vyprominiuvannia], Mizhnarodnyi sympozium zi staloi aviatsii: Referatna knyha Mizhnarodnoho sympoziumu zi staloi aviatsii. International Symposium on Sustainable Aviation: Abstract Book of International Symposium on Sustainable Aviation, Rome, Italy, 9-11 July 2018. Rome, P. 69.
4. Tykhenko O. M., Bahrii M. M., Levchenko L. O., Khodakovskiy O. V., Riezniak D. V. (2019) Development and research of protective properties of metal-textile electromagnetic screens. [Rozrobлення ta doslidzhennia zakhysnykh vlastyvostei metalotekstynnykh elektromahnitnykh ekraniv], Visti Donetskoho hirnychoho instytutu. News of the Donetsk Mining Institute, Pokrovsk., Issue. № 1 (44). Pp. 100–106. (in Ukrainian).
5. Glyva V., Barabash O., Kasatkina N., Katsman M., Levchenko L., Tykhenko O., Nikolaiev K., Panova O., Khalmuradov B., Khodakovskyy O. (2020) Studying the shielding of an electromagnetic field by a textile material containing ferromagnetic nanostructures [Vyvchennia ekranuvannia elektromahnitnoho polia tekstynnym materialom, shcho mistyt feromahnitni nanostrukturny]. Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohiyi. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Iss. 1/10 (103). PP. 26–31.
6. Yadav R. S., Kuritka I., Vilcakova J., Machovsky M., Skoda D., Urbanek P., Masar G., Kalina L., Havlica, J. (2019) Polypropylene Nanocomposite Filled with Spinel Ferrite NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles and In-Situ Thermally-Reduced Graphene Oxide for Electromagnetic Interference Shielding Application. [Polipropilenvoyi nanokompozyt, napovnenyi nanochastynkami ferytu shpineli NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> i termichno vidnovlenym oksydom hrafenu na misti dlia zakhystu vid elektromahnitnykh pereshkod]. Nanomaterialy. Nanomaterials Vol. 9, P. 621. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano9040621>
7. Liying Zhang, Shuguang Bi and Ming Liu. (December 2nd 2018). Lightweight Electromagnetic Interference Shielding Materials and Their Mechanisms [Lehki materialy dlia zakhystu vid elektromahnitnykh pereshkod ta yikh mekhanizmy]. Elektromahnitni materialy ta prylady, Man-Hui Khan. Electromagnetic Materials and Devices, Man-Gui Han, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.82270.
8. Senyk I., Kuryptia, Y., Barsukov, V., Butenko, O., Khomenko, V (2020) Development and application of thin wide-band screening composite materials [Rozrobka ta zastosuvannia tonkykh shyrokosmuhovykh ekranuiuchykh kompozytsiinykh materialiv]. Fizyka i khimia tverdoho tila. Physics and Chemistry of Solid State, 21(4), p. 771–778.
9. Glyva, V., Bakharev, V., Kasatkina, N., Levchenko, O., Levchenko, L., Burdeina, N., Guzii, S., Panova, O.,

## References

- Tykhenko, O., Biruk, Y. (2021). Design of liquid composite materials for shielding electromagnetic fields. [Proektuvannia ridkykh kompozytsiinykh materialiv dlia ekranuvannia elektromahnitnykh poliv]. Skhidno-Yevropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohiyi. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (6 (111)), 25–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231479>
10. Guzii S., Bazhelka I., Lashchivskiy V., (2020) Study of the influence of compounds of the ANO3 and ANO3 nH2O types on rheokinetic and colloid chemical properties of aluminosilicate adhesives for wood. [Vvychennia vplyvu spolk typu ANO3 ta ANO3 nH2O na reokinetychni ta koloidni khimichni vlastyvyosti aliumosylykatnykh kleiv dlia derevyiny]. Zhurnal ScienceRise. J. ScienceRise No 5(70) 14-23. doi: <http://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001493>
11. Guzii S., P. Krivenko, O. Bondarenko, T. Kopylova (2019) Study on physico-mechanical properties of the modified alkaline aluminosilicate adhesive-bonded timber elements. [Doslidzhennia fizyko-mekhanichnykh vlastyvyosti modyfikovanykh luzhno-aliumosylykatnykh kleienosnykh derevianykh elementiv]. U tverdopil'nykh yavyschchakh. SSP. Vol. 296 112-117. doi:10.4028/www.scientific.net/SSP.296.112.

Надійшла до редакції 20.04.2022

Рецензент д-р техн. наук, проф. О.С. Волошкіна

**Волошкіна Олена Семенівна**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри охорони праці та навколишнього середовища Київський національний університет будівництва і архітектури, (пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037, Україна), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3671-4449>  
e-mail: [voloshkina.os@knuba.edu.ua](mailto:voloshkina.os@knuba.edu.ua)

**Панова Олена Василівна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра фізики, Київський національний університет будівництва і архітектури, (пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037, Україна), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7975-1584>

E-mail: [elenapanova169@gmail.com](mailto:elenapanova169@gmail.com),

**Бірук Яна Ігорівна** асистент, кафедра фізики, Київський національний університет будівництва і архітектури, (пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037, Україна), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3669-9744>

E-mail: [biruk.iai@knuba.edu.ua](mailto:biruk.iai@knuba.edu.ua)

## PRINCIPLES FOR DEVELOPING LIQUID MIXTURES FOR SCREENING WIDE FREQUENCY RANGE ELECTROMAGNETIC FIELDS

**Purpose:** A liquid material based on commercially available paints and fine iron ore concentrate has been created. With a filler content of 60-70 %, the coefficients of shielding of the electric field of industrial frequency is 2,6-9,1; magnetic field of industrial frequency is 4,5-6,2; electromagnetic field of ultrahigh frequency is 4,4-8,5. At the same time, the reflection coefficients of electromagnetic waves are at least twice lower than those of metal screens.

**Method:** A calculation tool is provided for converting the weight content into the volume content of the shielding filler. This makes it possible to apply the Lorentz and Maxwell-Garnett ratios to predict the electrical and magnetic properties of metal dielectrics. To determine the reliability of adhesion of the obtained mixtures with the application surfaces, the study of the chemical and colloidal properties of the mixtures for application on gypsum board has been performed.

**Scientific novelty:** It is established that the reduction of surface tension, surface wetting angle, work of adhesion, cohesion and wetting forces, spreading coefficient are within the limits that ensure the reliability and durability of adhesion of the material to surfaces.

**Results:** It is shown that the reduction of the protective properties on the water-dispersion carrier is due to the oxidation of the filler. Liquid compositions are made on the basis of a number of paints and varnishes and iron ore concentrates, which can cover large surfaces in various shapes and configurations.

**Practical significance:** In order to use the obtained mixtures in the fields of ensuring the electromagnetic compatibility of electrical and electronic equipment, it is necessary to increase the protective properties. This is possible by increasing the concentration of the shielding filler or increasing the specific conductivity of materials in the solid state by adding to the liquid mixture of fine material with high conductivity.

**Keywords:** electromagnetic screen, composite material, shielding coefficient, adhesion.

**Panova Olena**, PhD, Associate Professor, Department of Physics, Kyiv National University of Construction and Architecture, (Povitroflotsky ave, 31, Kyiv, 03037, Ukraine), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7975-1584>  
E-mail: [elenapanova169@gmail.com](mailto:elenapanova169@gmail.com)

**Biruk Yana**, Assistant, Department of Physics, Kyiv National University of Construction and Architecture, (Povitroflotsky ave, 31, Kyiv, 03037, Ukraine), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3669-9744>  
E-mail: [biruk.iai@knuba.edu.ua](mailto:biruk.iai@knuba.edu.ua)