

Київський національний університет будівництва і архітектури
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

БІРУК ЯНА ІГОРІВНА

УДК 537.87:669.162.12(045)

ДИСЕРТАЦІЯ

**ЗАХИСТ ПРАЦЮЮЧИХ ВІД ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ РІДИННИХ ЕКРАНУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ**

263 – Цивільна безпека

26 – Цивільна безпека

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Я.І. Бірук

Науковий керівник: Бурдейна Наталія Борисівна,
кандидат педагогічних наук, доцент

Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Бірук Я.І. Захист працюючих від впливу електромагнітних полів із застосуванням рідинних екрануючих матеріалів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 26 – «Цивільна безпека», за спеціальністю 263 – «Цивільна безпека» – Київський національний університет будівництва і архітектури, МОН України, Київ, 2023.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичної задачі підвищення електромагнітної безпеки працюючих шляхом визначення умов, за яких рідкі екрануючі матеріали проявляють свою максимальну ефективність, а також розроблення і реалізації матеріалів на рідинній основі та технологій, що ефективно екранують електромагнітні поля в широкому діапазоні частот.

Проаналізовано існуючі методи забезпечення електромагнітної безпеки працюючих. Визначено, що найбільш ефективним засобом захисту людей від електромагнітних впливів є екранування електромагнітних полів. Головними вимогами до захисних матеріалів є високі коефіцієнти загального екранування, малі коефіцієнти відбиття електромагнітних хвиль, прийнятні масогабаритні параметри і придатність до облицювання поверхонь великих площ і складних конфігурацій.

Розроблено та досліджено захисні властивості рідинних матеріалів для екранування електромагнітних полів у широкому частотному діапазоні. Перевагами таких сумішей є можливість забезпечення потрібних коефіцієнтів поглинання і відбиття електромагнітних хвиль. Це дозволило регулюванням складу і кількістю нанесених шарів отримувати параметри матеріалів, необхідні у конкретній електромагнітній обстановці, та забезпечувати стабільну роботу засобів бездротового зв'язку.

Проведено дослідження щодо обґрунтування розроблення технологій.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що:

– *вперше* обґрунтовано застосування залізородного концентрату у якості екрануючої субстанції рідких захисних сумішей на основі стандартних лакофарбових виробів. Це дозволило з ваговим вмістом залізородного

концентрату 30–60 % отримати коефіцієнти екранування електромагнітного поля ультрависокої частоти від 1,3 до 7,9; магнітного поля промислової частоти до 5,7; електричного поля промислової частоти до 8,6;

– *вперше* обґрунтовано технологію виготовлення, отримано та випробувано захисні властивості екрануючих матеріалів градієнтного типу на основі рідких композицій. Це дозволило отримати коефіцієнти екранування електромагнітного поля ультрависокої частоти 6,2–6,3 для двошарового покриття та 11–12 для тришарового покриття;

– *удосконалено* методологічні та технологічні засади створення рідких композицій. Додавання до залізорудного концентрату лускатого графіту з ваговим вмістом 5 % дозволяє підвищити коефіцієнти екранування електромагнітного поля ультрависокої частоти на 48–50 %, електричного поля промислової частоти – на 38–40 %;

– *набули подальшого розвитку* розрахункові методи визначення захисних властивостей композиційних захисних рідинних матеріалів, що дозволяє прогнозувати коефіцієнти екранування у залежності від амплітудно-частотних характеристик екранованих електромагнітних полів з ваговим вмістом екрануючого наповнювача у діелектричній матриці.

Практичне значення одержаних результатів підтверджено патентами на корисну модель. Патент 149126 Україна МПК 2021.01, G12B 17/00, G12B 17/02 (2006.01) «Спосіб виготовлення електромагнітного екрана з градієнтом електрофізичних властивостей». Патент 153982 Україна МПК 2023.01, G12B 17/00 G12B 17/02 «Спосіб виготовлення градієнтного композиційного електромагнітного екрана».

Тестування розроблених захисних рідинних матеріалів було проведено у сертифікованій лабораторії з вивчення та нормування фізичних факторів виробничого середовища Інституту медицини праці імені Ю. І. Кундієва НАМН України. Результати тестування збігаються з результатами дисертаційного дослідження у межах похибки вимірювань.

Результати дослідження були впроваджені у навчальний процес у КНУБА при навчанні фізики студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» та підготовці аспірантів зі спеціальності 263 «Цивільна безпека».

Ключові слова: електромагнітне поле, екранування, коефіцієнт екранування, коефіцієнт відбиття, захист працюючих, рідинні композиційні матеріали, електромагнітна безпека.

ABSTRACT

Biruk Y.I. Protection of workers from exposure to electromagnetic fields using liquid shielding materials.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 26 – "Civil Security", specialty 263 – "Civil Security" Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv, 2023.

The dissertation work is dedicated to solving the scientific and practical task of improving the electromagnetic safety of workers by determining the conditions under which liquid shielding materials show their maximum effectiveness, as well as the development and implementation of liquid-based materials and technologies that effectively shield electromagnetic fields in a wide range of frequencies.

The existing methods of ensuring the electromagnetic safety of workers are analyzed. It was determined that the most effective means of protecting people from electromagnetic influences is electromagnetic field shielding. The main requirements for protective materials are high coefficients of general shielding, low coefficients of reflection of electromagnetic waves, acceptable mass-dimensional parameters and suitability for facing surfaces of large areas and complex configurations.

The protective properties of liquid materials against the influence of electromagnetic fields in a wide frequency range have been developed and investigated. The advantages of such mixtures are the ability to provide the necessary coefficients of absorption and reflection of electromagnetic waves. This made it possible to adjust the composition and number of layers to obtain the material parameters necessary in a specific electromagnetic environment to ensure stable operation of wireless communication devices.

A study was conducted on the justification of the development of technologies.

The scientific novelty of the work is that:

- *for the first time*, the use of iron ore concentrate as a shielding substance of liquid protective mixtures based on standard paint products was substantiated. This made it possible to obtain ultrahigh-frequency electromagnetic field shielding coefficients from 1.3 to 7.9 with a weight content of iron ore concentrate of 30–60%; industrial frequency magnetic field up to 5.7; industrial frequency electric field up to 8.6;

- *for the first time*, the manufacturing technology was substantiated, the protective properties of shielding materials of the gradient type based on liquid compositions were obtained and tested. This made it possible to obtain ultra-high frequency electromagnetic field shielding coefficients of 6.2–6.3 for a two-layer coating and 11–12 for a three-layer coating;

- *the methodological and technological principles* of creating liquid compositions have been improved. Adding flaky graphite with a weight content of 5% to the iron ore concentrate allows to increase the shielding coefficients of the ultra-high frequency electromagnetic field by 48–50%, the industrial frequency electric field by 38–40%;

- *calculation methods* for determining the protective properties of composite protective liquid materials have gained further development, which allows predicting the shielding coefficients depending on the amplitude-frequency characteristics of the shielded electromagnetic fields with the weight content of the shielding filler in the dielectric matrix.

The practical significance of the obtained results is confirmed by patents for a useful model. Patent 149126 Ukraine IPC 2021.01, G12B 17/00, G12B 17/02 (2006.01). The method of manufacturing an electromagnetic screen with a gradient of electrophysical properties. Patent 153982 Ukraine IPC 2023.01, G12B 17/00 G12B 17/02. The method of manufacturing a gradient composite electromagnetic screen.

The testing of the developed liquid materials was carried out in the certified laboratory for the study and standardization of physical factors of the production environment of the State Institution «Kundiiev Institute of Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine». The test results coincide with the results of the dissertation research within the measurement error.

The results of the research were implemented in the educational process at KNUCA in the teaching of physics to students of the specialty 192 "Construction and civil engineering" and the training of graduate students in the specialty 263 "Civil safety".

Keywords: electromagnetic field, shielding, shielding coefficient, reflection coefficient, worker protection, liquid composite materials, electromagnetic safety.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз (Scopus)

1. Glyva, V., Bakharev, V., Kasatkina, N., Levchenko, O., Levchenko, L., Burdeina, N., Guzii, S., Panova, O., Tykhenko, O., Biruk, Y. Design of liquid composite materials for shielding electromagnetic fields. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2021, 3(6-111), pp. 25–31. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231479>.

2. Glyva V., Kasatkina N., Levchenko L., Tykhenko O., Nazarenko V., Burdeina N., Panova O., Bahrii M., Nikolaiev K., Biruk Y. Determining the dynamics of electromagnetic fields, air ionization, low-frequency sound and their normalization in premises for computer equipment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022, 3(10-117), pp. 47–55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258939>.

Статті у наукових фахових виданнях України

3. Касаткіна Н.В., Тихенко О.М., Панова О.В., Бірук Я.І. Підвищення ефективності композиційних електромагнітних екранів регулюванням морфології феромагнітного наповнювача. «Системи управління навігації та зв'язку», *Збірник наукових праць*. Полтава. 2020. Т. 3(61), С. 115-119. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2020.3.115>.

4. Панова О.В., Бурдейна Н.Б., Ніколаєв К.Д., Бірук Я.І. Планування та впровадження заходів з електромагнітної безпеки у промислових будівлях та

спорудах. *Науково-технічний журнал «Вісті донецького гірничого інституту»*. ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Покровськ. 2020. №2 (47). С. 155-161. <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020-2-155-161>.

5. Глива В.А., Кашперський В.Є., Панова О.В., Бірук Я.І., Зозуля С.В. Методологічний підхід до оцінювання ризиків впливу фізичних факторів техногенного походження в умовах невизначеності. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*. Полтава. 2021. Т. 1(63), С. 123-125. <https://doi.org/https://doi.org/10.26906/SUNZ.2021.1.123>

6. Панова О.В., Бірук Я.І. Засади розроблення рідких сумішей для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону, *«Вісті донецького гірничого інституту»*. ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Покровськ. 2022. № 1(50). С. 108-113, <https://doi.org/10.31474/1999-981X-2022-1-108-113>

7. Biruk Y. Designing finishing materials with a gradient of electrophysical properties. *Екологічна безпека та природокористування*, 43(3), 2022 73–80. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2022.3.73-80>

8. Бурдейна Н.Б., Бірук Я.І. Засоби підвищення ефективності рідинних матеріалів для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону. *Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць*. Полтава. 2022. Т. 4 (70). С. 138-141. <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2022.4.138>

9. Бурдейна, Н.Б., Бірук, Я.І., Ніколаєв, К.Д. Розроблення матеріалів багатошарової структури градієнтного типу на основі рідких композицій для екранування електромагнітних полів. *Екологічна безпека та природокористування*, 45(1) 2023, с. 68–75. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2023.1.68-75>

Статті у інших виданнях України

10. Панова О.В., Бірук Я.І. Методологія визначення електромагнітного техногенного навантаження та шляхи їх удосконалення. *Містобудування та територіальне планування*, 2021, Вип. 76. – С. 205 – 217, DOI: 10.32347/2076-815x.2021.76.205-217

11. Панова О.В., Бірук Я. І., Бесараб О.М., Корміліцин Я.І. Дослідження новітніх покриттів з екрануючими властивостями власного виробництва. *Містобудування та територіальне планування*, 2021, Вип. 77. С. 369 – 378, <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2021.77.369-377>

12. Левченко Л.О., Осадчий Б.М., Панова О.В., Бірук Я.І. 2021. Електромагнітний екран градієнтного типу. *Науково-технічний інформаційно-аналітичний журнал «Новини енергетики»*. №4, 2021, С. 3-9.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

13. Панова О. В., Бірук Я. І. Залежність захисних властивостей композиційних електромагнітних матеріалів від морфології феромагнітного наповнювача. *Екологія. Ресурси. Енергія: тези доп. міжнар. наук.-прак. конференції*, м. Київ, 25-26 листопада 2020 р. Київ, 2020. С. 16–17.

14. Панова О. В., Бірук Я. І. Техногенні електромагнітні поля та випромінювання як фактор негативної дії на працюючих. *Актуальні проблеми, пріоритетні напрямки та стратегії розвитку України: тези доп. I Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції*, м. Київ, 15 березня 2021 р. Київ, 2021. с. 25–26.

15. Бірук Я. І. Електромагнітний екран з градієнтом електрофізичних властивостей. *Актуальні проблеми, пріоритетні напрямки та стратегії розвитку України: тези доп. III Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції*, м. Київ, 13 жовтня 2021 р.. Київ, 2021. С.– 441.

16. Бірук Я.І. Застосування рідинних електромагнітних екранів для захисту працюючих. *56-та науково-практична конференція молодих вчених «Актуальні питання гігієни праці та професійної патології»*, 23 листопада 2021 р., Київ, 2021 р. с. 14-15

17. Матвеева І. В., Бірук Я. І., Азнаурян І. О. Рідкі захисні композиції для екранування електромагнітних випромінювань радіотехнічних об'єктів аеродромів цивільної авіації. *Авіація у XXI столітті – Безпека в авіації та космічні технології: матеріали X Всесвітнього конгресу*, м. Київ, 28-30 вересня 2022 р. Київ, 2022, с. 4.1.19–4.1.21.

18. Бурдейна Н. Б., Бірук Я. І. Методичні засади автоматизації проектування рідких композиційних матеріалів для екранування електромагнітних полів. *Проблеми інформатизації*: тези доп. X міжнар. наук-техн. конф., м. Черкаси 24- 25 листопада 2022 р.. Черкаси, 2022. с. 102.

19. Бурдейна Н. Б., Бірук Я. І. Використання рідких композиційних матеріалів для екранування електромагнітних полів промислової частоти, дуже високих та ультрависоких частот. *Екологія. Ресурси. Енергія*: тези доп. міжнар. наук.-прак. конференції, м. Київ, 23-25 листопада 2022 р. Київ, 2022. с. 82–83.

20. Бурдейна Н.Б., Бірук Я.І. Екранування електромагнітних полів екологічно чистими багатошаровими рідкими композиційними матеріалами градієнтного типу. II Міжнародна науково-практична конференція «*Green Construction*» 13-14 квітня 2023 р. КНУБА, Київ 2023, с. 411-414.

Авторські свідоцтва, дипломи, патенти.

21. Спосіб виготовлення електромагнітного екрана з градієнтом електрофізичних властивостей: пат. 149126, Україна: МПК 2021.01, G12B 17/00, G12B 17/02. № 202102561; заявл. 17.05.2021; опубл. 20.10.2021, Бюл. № 42. 4 с.

22. Спосіб виготовлення градієнтного композиційного електромагнітного екрана: пат. 153982, Україна: МПК 2023.01, G12B 17/00 G12B 17/02, № 2023 00789, заявл. 28.02.2023, опубл. 27.09.2023, Бюл.№ 39, 4 с.