

DOI: 10.32347/2076-815x.2021.76.205-217

УДК 538.69.331.41

к.т.н., доцент **Панова О.В.**,
elenapanova169@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7975-1584,
Бірук Я. І., biruk.iai@knuba.edu.ua ORCID: 0000-0002-3669-9744,
Київський національний університет будівництва і архітектури

МЕТОДОЛОГІЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТА ШЛЯХИ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

Предметом дослідження є процеси формування техногенного електромагнітного навантаження на підприємстві в умовах впливу зовнішніх та внутрішніх полів. Мета роботи – розроблення сучасного алгоритму оцінювання електромагнітного навантаження на підприємстві та надання рекомендації по впровадженню засобів захисту працюючих без великих економічних втрат. Для вирішення поставленої мети були використані підходи і методи теоретичних досліджень, які засновані на фундаментальних положеннях класичної фізики та системного аналізу. У роботі показано, що розроблення алгоритму оцінювання техногенного електромагнітного навантаження на підприємстві залежить від ідентифікації техногенних полів та визначення їх просторових поширень (з урахуванням прогнозування впливу крайових ефектів) є необхідним загальним комплексом для подальшого професійного екранування на підприємстві. Зроблено висновок, що представлений алгоритм оцінювання техногенного електромагнітного навантаження на підприємстві та описані рекомендації по впровадженню вирішують головне питання – прогнозування захисних властивостей, що спрощує у подальшому підбір технічних методів захисту працюючих, окремого робочого місця або чутливого електронного приладу чи підприємства в цілому.

Ключові слова: прогнозування; електромагнітне поле; електромагнітне техногенне навантаження; екранування; захисні властивості.

Вступ. Складна та непередбачувана електромагнітна обстановка у сучасному виробничому середовищі потребує попереднього оцінювання та проектування засобів захисту від шкідливих полів та випромінювань. Для визначення більш точних характеристик шкідливої дії полів на працюючих слід розрізняти техногенні впливи на зовнішній електромагнітний вплив (який залежить від оточуючого середовища) та внутрішній вплив (який залежить від власних параметрів технічних приладів та їх амплітудно-частотних характеристик).

Характерною особливістю проблематики оцінювання попереднього ефективного визначення електромагнітного навантаження на підприємстві є:

- складність обліку вимірів;
- визначення найкращої методики оцінки рівнів відповідних фізичних характеристик техногенних полів;
- комплексний, професійний аналіз всієї сукупності отриманих даних для подальшого визначення щодо екранування.

Крім того, у сучасному виробництві технічні прилади та електронні пристрої розміщені нерівномірно по території підприємства. Найчастіше, більша частина їх зосереджена в окремій лабораторії або розподіл приладів залежить від специфіки виробництва. В результаті ускладнюється техногенне навантаження на окремих ділянках виробництва або конкретне робоче місце чи людину.

Також встановлення новітнього коштовного електронного обладнання потребує додаткового екранування чутливих приладів, робота яких залежить, іноді, від «чистоти» оточуючого середовища.

Таким чином, проведення аналізу сучасних підходів по визначенню електромагнітної безпеки працюючих, окремого робочого місця, лабораторії чи виробництва в цілому та електромагнітної сумісності технічних засобів висуває наступний стан проблеми.

Постановка проблеми. Дослідження та прикладні розробки у галузі електромагнітної безпеки довели, що найбільш ефективним засобом поліпшення електромагнітної обстановки є екранування. Захист працюючих у виробничому середовищі від негативного впливу електромагнітних полів та підвищення нормативного рівня електромагнітної сумісності технічних засобів забезпечують сучасні екрануючі матеріали різного класу. На жаль, у деяких випадках, в умовах щільного розміщення приладів, в перенавантаженому магнітному середовищі, спостерігається нестабільна робота чутливих електричних та електронних приладів.

Результати наукових та експериментальних досліджень в цьому напрямку стосуються найчастіше конкретного виробничого середовища, або електромагнітного впливу визначеної частоти чи частотного діапазону.

Розроблення цілісної системи з електромагнітної безпеки на виробництві робочого місця, приміщення або будівлі в цілому має вирішувати одночасно багато задач, пов'язаних з різними процесами технічного та методологічного характеру.

Проведення аналізу сучасних підходів по визначенню основних напрямів і засад у роботах з електромагнітної безпеки, електромагнітної

екології та електромагнітної сумісності технічних засобів висуває наступний стан проблеми.

Мета статті. У сучасному світі модернізація, розширення, оновлення або переобладнання виробництва припускає, що моделювання просторових розподілів навколо джерел випромінювань неоднорідна і нестабільна, що потребує додаткових експериментальних вимірювань та математичних розрахунків. А це не завжди можливе та ускладнює оцінку реального техногенного навантаження робочого місця, людини, або чутливого електронного приладу чи виробництва в цілому.

На підставі вище наведених тверджень виникає необхідність розробити більш сучасний алгоритм оцінювання електромагнітного навантаження на підприємстві та надати рекомендації по впровадженню засобів захисту працюючих без великих економічних втрат.

Сучасний стан питання. Негативний електромагнітний вплив на працюючих, які знаходяться в зоні техногенної дії полів у різних частотних діапазонах полягає в тому, що працюючі постійно перебувають у хвильовій зоні дії поля відносно джерела випромінювання, тому важливим є врахування закономірностей поширення електромагнітних хвиль та їх перерозподіл за рахунок відбиття, поглинання чи розсіювання від екрануючих будівельних поверхонь.

На сьогоднішній день запропоновано аналітичні, розрахункові та експериментальні методи дослідження по виявленню та мінімізації антропогенних електромагнітних полів та випромінювань на працюючих. Кожен з таких методів залежить від діапазону частот електромагнітних випромінювань, різноманітних характеристик джерел поля, відбиття та перевідбиття високочастотних електромагнітних випромінювань та специфіки підприємства, і тому є індивідуальним проектом щодо екранування конкретного виробництва.

Аналіз досліджень та публікацій. Аналіз наукових досліджень показує, що найчастіше для екранування від техногенного навантаження пропонується визначати залежності властивостей екрануючих матеріалів від частоти і амплітуди електромагнітного поля [1]. Не мало уваги приділяється шкідливому впливу на біополе людини з боку дії випромінювання будівельних матеріалів [2, 3], які регламентовані національними нормативами [4]. У багатьох наукових статтях представлено характеристики та оцінка найбільш сучасних екрануючих матеріалів (сітки, листи) [5, 6] та описується практичне використання, або

надаються рекомендації [7, 8]. Запропоновані конфігурації захисного екрану, його технічні характеристики (розмір та товщину) у таких рекомендаціях найчастіше стосується конкретного виробництва чи підприємства [9, 10]. Методи оцінювання техногенного електромагнітного навантаження та шляхи їх мінімізації у деяких наукових дослідженнях мають складний розрахунковий апарат, що занадто ускладнює прикладне використання [11].

Узагальнюючи вищесказане, виникла необхідність удосконалили попереднє оцінювання техногенного навантаження та встановити найбільш чіткі прикладні розробки щодо узагальнення критеріїв діючих полів.

Виклад основного матеріалу. Узагальнюючими і першочерговими факторами є визначення:

- амплітудно-частотних характеристик випромінюваного поля (зовнішнього та внутрішнього);
- фізичних характеристик джерел на підприємстві;
- мінімізація загального техногенного впливу на працюючих або чутливий прилад.

Для найбільш точного визначення ефективності екранування у подальшому необхідне розроблення та впровадження організаційно-технічних заходів, в яких необхідно врахувати наступне: (див. Рис. 1. Концепція визначення електромагнітного навантаження на підприємстві).

Електромагнітна обстановка на підприємстві в умовах складного впливу різноманітних джерел електромагнітних полів ускладнює коректність визначення екранування. Тому необхідно чітко розуміти, що техногенний вплив від джерел різних частотних діапазонів потребують різного захисту працюючих і врахувати вже запропоновані сучасні підходи до керування електромагнітною обстановкою у виробничих умовах [12].

Широкий частотний спектр електромагнітних полів та різні геометричні характеристики джерел від таких полів характеризується коливаннями амплітуд полів на різних частотах, що в свою чергу викликають зміну амплітуд у просторі і часі.

Така велика кількість та різноманітність зовнішніх впливів на працюючих не виключає, а найчастіше провокує багатократне відбиття та перевідбиття високочастотних електромагнітних випромінювань зовнішніх та внутрішніх джерел, тощо.



Рис. 1. Концепція визначення електромагнітного навантаження на підприємстві

Першим етапом необхідно класифікувати джерела, визначити максимальну критичність їх впливу на працюючих, приміщення або всієї будівлі в цілому - доцільно застосовувати методіку визначення спектрального складу електричного та магнітного поля, використовуючи відомі спектри полів найбільш поширеного електричного та електронного обладнання.

Важливим є те, що електричні та магнітні поля від різних джерел мають різні закономірності розповсюдження в робочому просторі, тому, під час дослідження було враховано, що:

- електричне обладнання має вищі гармоніки магнітного поля;
- гармоніки магнітного поля промислової частоти регламентуються

метрологічним контролем і мають амплітуди порівняні з основною гармонікою і не нормуються за амплітудними значеннями розповсюджень.

Другим етапом необхідно врахувати особливості поширень та спрямованостей полів у просторі та виміряти (або аналітично обрахувати) максимальні амплітудні значення електромагнітних полів на кожній критичній частоті. Взаємодія електромагнітних полів на біополе людини залежить від характеристик техногенного навантаження – окремих частотних діапазонів:

1. Низькочастотні (і наднизькі частоти в тому числі), надвисокі та вищі частоти (до 30 МГц):

- мають різний вплив на працюючих (враховуємо, що працюючі найчастіше знаходяться у ближній зоні поля);

- мають різні методики вимірювання кількісних характеристик (обов'язкове окреме вимірювання електричної та магнітної складових електромагнітного поля);

- мають різні методи захисту (екранування).

На теперішній час гармоніки магнітного поля (промислової частоти) не нормуються за амплітудами, але іноді мають амплітуди, порівняні з основною гармонікою. Щодо контролю електромагнітних полів комп'ютерної техніки - регламентація зазначена в національних та міжнародних стандартах експлуатації засобів обчислювальної техніки (електрична та магнітна складові поля у двох фіксованих смугах частот складає 5 Гц – 2 кГц та 2 кГц – 400 кГц відповідно. Загальний негативний електромагнітний вплив на працюючих порівнюється із фактичними значеннями напруженостей поля з гранично допустимими рівнями [19].

Модуль вектора напруженості електричного поля окремого джерела E можна отримати із формули:

$$E = \sqrt{(E_x)^2 + (E_y)^2 + (E_z)^2}$$

Відповідно - модуль вектора напруженості магнітного поля H розраховується із співвідношення:

$$H = \sqrt{(H_x)^2 + (H_y)^2 + (H_z)^2}$$

Магнітна індукції B розраховується по формулі:

$$B = \mu_0 H$$

де $\mu_0 \approx 1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м – магнітна стала.

2. Частоти, нижчі за 300 МГц. Для такого діапазону вимірюються напруженості поля для кожного джерела випромінювання окремо (тобто відключать решту приладів). Технічно це зробити не складно, але така напружена робота потребує багато часу. В такому дослідженні не виключається зовнішній техногенний вплив (це зробити не можливо) і загальна напруженість поля у кожній точці вимірювання, які працюють у частотних діапазонах, що мають однакові граничнодопустимі рівні, розраховуються за формулами:

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + \dots + E_n^2}, H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2 + \dots + H_n^2}$$

при умові виконання співвідношення (1) і якщо генеровані поля відповідних частотних діапазонів мають різні відповідні гранично допустимі рівні:

$$\frac{E_1^2}{T_1^2} + \frac{E_2^2}{T_2^2} + \dots + \frac{E_n^2}{T_n^2} + \frac{H_1^2}{T_1^2} + \frac{H_2^2}{T_2^2} + \dots + \frac{H_n^2}{T_n^2} \leq 1, \quad (1)$$

де E – напруженість електричного поля;

H – магнітного поля;

T_1, T_2 – гранично допустимі рівні відповідних частотних діапазонів.

Практично, у реальних виробничих умовах застосувати наведену методику проблематично, вимагає багато часу, але для забезпечення найбільш ефективного екранування, згідно практики, такі дослідження стають все більш затребувані.

3. Для визначення та класифікації діапазону ультрависоких і вищих частот необхідно врахувати, що частина джерел випромінювання може розглядатися, як точкові і мають певну спрямованість (це стосується точки доступу бездротового зв'язку), а друга частина джерел може бути сукупністю негативних техногенних хвиль загального ізотропного електромагнітного фону, отриманого шляхом розсіювання та багатократного відбиття самими будівлями та обладнаннями. При цьому необхідно враховувати, що деякі джерела мають однакові частоти випромінювання, або деякі з них мають малі смуги випромінювальних частот, які мають практично однакові значення (збігаються), але можуть мати різні гранично допустимі рівні (гранично допустимі рівні дуже високих та ультрависоких частот випромінювань засобів мобільного зв'язку складає 10,0 мкВт/см², а інших радіотехнічних об'єктів цивільної авіації з такими ж робочими частотами складає 15,20 мкВт/см²).

Найчастіше, діапазон приладів має інтегральну величину щільності потоку енергії у 300 МГц – 300 ГГц, тому для більшої точності необхідний комплекс методів досліджень за вузькими смугами частот, або окремими

частотами. Ускладнює процес вимірювання та визначення потоку енергії з боку схожих джерел той факт, що частота не фіксована, тобто має певний частотний діапазон (наприклад, для окремих базових станцій).

Для визначення загальної інтенсивності випромінювання для діапазону частот 300 МГц–300 ГГц необхідно індефікувати кожне джерело випромінювання, визначити інтенсивність для кожного джерела окремо і результати скласти:

$$W = W_1 + W_2 + \dots + W_n$$

У випадку, коли частоти джерел мають різні гранично допустимі рівні, повинні дотримуватись умови:

$$\frac{W_1}{T_1} + \frac{W_2}{T_2} + \dots + \frac{W_n}{T_n} \leq 1$$

де W – щільність потоків енергії досліджуваних полів;

T_n – гранично допустимі рівні частотних діапазонів відповідних випромінювань.

Головною умовою коректності вимірювань є врахування рівня зовнішнього електромагнітного випромінювання контрольованої частоти або смуги частот. Напруженості електричних та магнітних полів промислової частоти рекомендовано вимірювати приладом ПЗ-50 – вимірювач напруженості поля промислової частоти (згідно інструкції по експлуатації та паспортних даних). Для отримання більш точних даних щодо ідентифікації джерел електромагнітного поля пропонується отримати більш «тонкий» спектр магнітного поля (електричного) наднизьких та низьких частот, тому рекомендовано використання аналізатора Spectran NF 5035 спектра електромагнітного поля (згідно інструкції по експлуатації та паспортних даних).

Третім етапом - впровадження екранування.

Ефективність екранування залежить від:

- найбільш ефективного матеріалу екрану (оцінка екрануючих характеристик матеріалу)
- розташування за екраном точки вимірювання параметрів поля, його спрямованості
 - конфігурації екрану;
 - типу екрану (сітка; лист);
 - розмірів та товщини екрану;
 - умови експлуатації екрану;
 - розрахунку коефіцієнта екранування;
 - практичного використання (та рекомендації).

Планується визначення спектра екранованого електромагнітного поля перед захисним екраном та поза екраном та отримання змін амплітуд електромагнітного поля з частотою та необхідним кроком зміни частоти.

(планується продовження статті щодо цього питання)

Висновки

1. Проведено аналіз сучасних підходів по визначенню електромагнітної безпеки працюючих, окремого робочого місця, лабораторії виробництва в цілому та електромагнітної сумісності технічних засобів.

2. Встановлено, що необхідним алгоритмом є розроблення та тестування в реальних умовах програмно-технічного комплексу з моделювання розподілу електромагнітних полів від джерел з відомими випромінювальними властивостями та просторово - часовими змінами генерованих полів. Головною умовою коректності вимірювань є врахування рівня зовнішнього електромагнітного випромінювання контрольованої частоти або смуги частот.

3. Показано, що найбільш доцільним є попереднє визначення випромінювальних властивостей електромагнітних полів різного частотного діапазону.

4. Запропоновано концепцію визначення електромагнітного навантаження на сучасному технологічному підприємстві.

Література

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. Панова О.В. Особенности влияния техногенных факторов физического происхождения и негативного воздействия вторичного излучения строительных материалов на организм человека / О.В. Панова // Екологічна безпека та природокористування: Зб. наук. праць / Міністерство освіти і науки України, КНУБА, Ін-т телекомунікацій і глобал. інформ. простору; редкол.: О.С. Волошкіна, О.М. Трофимчук (гол.ред.) [та ін.]. – К.: 2011 – Вип. 7. – С. 155-167. <http://dspace.nbuu.gov.ua/handle/123456789/58181>

3. Оценка риска для здоровья населения от воздействия электромагнитных полей, создаваемых базовыми станциями сотовой подвижной электросвязи и широкополосного беспроводного доступа. Инструкция по применению. Минск, 2010.

4. Державні санітарні правила при роботі з джерелами електромагнітних полів: ДСанПін 3.3.6.096-2002. [Чинний від 2003-0104]. – К.: МОЗ України, 2003. – 16 с.

5. Панова О.В. Дослідження захисних властивостей металевих електромагнітних екранів та визначення умов їх максимальної ефективності. 2020. Системи управління навігації та зв'язку 2(60), с. 127-130.
6. Касаткіна Н.В., Левченко Л.О., Панова О.В., Тихенко О.М., Ченчевой В.В.. 2020. Оптимізація параметрів екранування електромагнітних полів різнорідних джерел у виробничих будівлях. ВІСТІ Донецького гірничого інституту №1 (46). С. 181-188. <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020-1-181-188>
7. Glyva V.A. Methodological principles of electromagnetic screens application for public protection from electromagnetic fields and radiation / Glyva V.A., Panova E.V., Voloshkina E.V.
8. Пат. 144619, Україна МПК G12B 17/00 (2020.01). Градієнтний електромагнітний екран. Глива В.А., Кажан К.І., Левченко Л.О., Панова О.В., Тихенко О.М., Халмуродов Б.Д.. Володілець: Глива В.А., Кажан К.І., Левченко Л.О., Панова О.В., Тихенко О.М., Халмуродов Б.Д. № u 2020 03224; заявл. 28.05.2020; опубл. 12.11.2020, Бюл. № 19.
9. V. A. Glyva, L O Levchenko, O V Panova, O M Tykhenko, M M Radomska 2020 The composite facing material for electromagnetic fields shielding. Innovative Technology in Architecture and Design (ITAD 2020). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/907/1/012043/pdf>
10. V. Glyva, N. Kasatkina, V. Nazarenko, N. Burdeina, N. Karaieva, L. Levchenko, O. Panova, O. Tykhenko, B. Khalmuradov, O. Khodakovskyy. 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. Materials Science. Vol 2, No 12 (104), pp.40-47. DOI статті: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.201330>
11. Мордачев В.И. Электромагнитная нагрузка на территорию в неоднородной радиоэлектронной обстановке / В.И. Мордачев // Доклады белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2012. – № 8(70). – С. 23 – 31.
12. Панова О.В., Бірук Я.І. Концептуальні підходи до керування електромагнітною обстановкою у виробничих умовах. 2020. Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення". Розділ Технічні науки. Секція «Безпека життєдіяльності». Випуск 47. с. 2. https://drive.google.com/file/d/1Bdbm_n2miwiqf5gsv3a933sEgCwHJJfoW/view

к.т.н., доцент **Панова Е.В., Бирук Я.И.**,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

МЕТОДОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ И ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Предметом исследования являются процессы формирования техногенной электромагнитной нагрузки на предприятии в условиях воздействия внешних и внутренних полей. Цель работы - разработка современного алгоритма оценки электромагнитной нагрузки на предприятии и предоставления рекомендации по внедрению средств защиты работающих без больших экономических потерь. Для решения поставленной цели были использованы подходы и методы теоретических исследований, основанных на фундаментальных положениях классической физики и системного анализа. В работе показано, что разработка алгоритма оценки техногенной электромагнитной нагрузки на предприятии зависит от индефикации техногенных полей и определения их пространственных частот (с учетом прогнозирования влияния краевых эффектов) необходимо общим комплексом для дальнейшего профессионального экранирование на предприятии. Сделан вывод, что представленный алгоритм оценки техногенной электромагнитной нагрузки на предприятии и описаны рекомендации по внедрению решают главный вопрос - прогнозирование защитных свойств, что упрощает в дальнейшем подбор технических методов защиты работающих, отдельного рабочего места или чувствительного электронного прибора или предприятия в целом.

Ключевые слова: прогнозирование; электромагнитное поле; электромагнитная техногенная нагрузка; экранирование; защитные свойства.

PhD, Associate Professor **Panova Olena**, Assistant **Biruk Yana**,
Kyiv National University of Construction and Architecture

METHODOLOGY OF DETERMINATION OF ELECTROMAGNETIC TECHNOGENIC LOAD AND WAYS OF THEIR IMPROVEMENT

The subject of research is the processes of formation of man - made electromagnetic load at the enterprise under the influence of external and internal fields. The purpose of the work - to develop a modern algorithm for estimating the electromagnetic load at the enterprise and provide recommendations for the introduction of means of protection of workers without large economic losses. To

solve this goal, approaches and methods of theoretical research were used, which are based on the fundamental principles of classical physics and systems analysis. The paper shows that the development of an algorithm for estimating man-made electromagnetic load at the enterprise depends on the identification of man-made fields and determining their spatial propagation (taking into account the prediction of the effects of edge effects) is a necessary general complex for further professional shielding at the enterprise. It is concluded that the presented algorithm for estimating man-made electromagnetic load at the enterprise and the described recommendations for implementation solve the main issue - forecasting protective properties, which simplifies further selection of technical methods of protection of workers, individual workplace or sensitive electronic device or enterprise as a whole.

Keywords: forecasting; electromagnetic field; electromagnetic man-caused load; shielding; protective properties.

REFERENCES

1. Panova O.V. Zakhyst pratsiuiuchykh vid vplyvu elektromahnitnykh poliv ekranuvanniam: dys. kand. tekhn. nauk: 05.26.01 / Panova Olena Vasylivna. – Kyiv, 2014. – 151 s. {in Ukrainian}
2. Panova O.V. Osobennosty vliyaniya tekhnohennykh faktorov fyzycheskoho proyskhozhdenniya y nehatyvnoho vozdeistviya vtorychnoho yzlucheniya stroitel'nykh materialov na orhanyzm cheloveka / O.V. Panova // Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia: Zb. nauk. prats / Ministerstvo osvity i nauky Ukrainy, KNUBA, In-t telekomunikatsii i hlobal. inform. prostoru; redkol.: O.S. Voloshkina, O.M. Trofymchuk (hol.red.) [ta in.]. – K.: 2011 – Vyp. 7. – С. 155-167. {in Russian}
3. Otsenka riska dlya zdorov'ya naseleniya ot vozdeystviya elektromagnitnykh poley, sozdavayemykh bazovymi stantsiyami sotovoy podvizhnoy elektrosvyazi i shirokopolosnogo besprovodnogo dostupa. Instruktsiya po primeneniyu. Minsk, 2010. {in Russian}
4. Derzhavni sanitarni pravyla pry roboti z dzherelamy elektromahnitnykh poliv: DSanPin 3.3.6.096-2002. [Chynnyi vid 2003-0104]. – K.: MOZ Ukrainy, 2003. – 16 s. {in Ukrainian}
5. Panova O.V. Doslidzhennia zakhysnykh vlastyvostei metalevykh elektromahnitnykh ekraniv ta vyznachennia umov yikh maksimalnoi efektyvnosti. 2020. Systemy upravlinnia navihatsii ta zviazku 2(60), s. 127-130. {in Ukrainian}
6. Kasatkina N.V., Levchenko L.O., Panova O.V., Tykhenko O.M., Chenchevoi V.V. 2020. Optyimizatsiia parametriv ekranuvannia elektromahnitnykh poliv riznoridnykh dzherel u vyrobnychykh budivliakh. VISTI Donetskoho hirnychoho instytutu №1 (46). S. 181-188 <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2020->

1-181-188. {in Ukrainian}

7. Hlyva V.A. Metodolohichni zasady zastosuvannya elektromahnitnykh ekraniv dlya zakhystu naselennya vid elektromahnitnykh poliv ta vyprominyuvannya / Hlyva V.A., Panova O.V., Voloshkina O.V. {in English}

8. Pat. 144619, Ukraina MPK G12V 17/00 (2020.01). Hradiientnyi elektromahnitnyi ekran. Hlyva V.A., Kazhan K.I., Levchenko L.O., Panova O.V., Tykhenko O.M., Khalmurodov B.D.. Volodilets: Hlyva V.A., Kazhan K.I., Levchenko L.O., Panova O.V., Tykhenko O.M., Khalmurodov B.D. № u 2020 03224; zaiavl. 28.05.2020; opubl. 12.11.2020, Biul. № 19. {in Ukrainian}

9. V.A. Glyva, L. O. Levchenko, O. V. Panova, O. M. Tykhenko, M. M. Radomska 2020 Kompozytnyy oblytsyuval'nyy material dlya ekranuvannya elektromahnitnykh poliv. Innovatsiyni tekhnolohiyi v arkhitekturi ta dyzayni (ITAD 2020) <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/907/1/012043/pdf> {in English}

10. V. Hlyva, N. Kasatkina, V. Nazarenko, N. Burdeyna, N. Karayeva, L. Levchenko, O. Panova, O. Tykhenko, B. Khalmuradov, O. Khodakovs'kyi. 2020. Rozrobka ta vyvchennya zakhysnykh vlastyvostey kompozytsiynykh materialiv dlya ekranuvannya elektromahnitnykh poliv shyrokooho diapazonu chastot. Skhidno-Yevropeys'kyi zhurnal korporatyvnykh tekhnolohiy. Materialoznavstvo. T. 2, No 12 (104), rr.40-47. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.201330> {in English}

11. Mordachev V.I. Elektromagnitnaya nagruzka na territoriyu v neodnorodnoy radioelektronnoy obstanovke / V.I. Mordachev // Doklady belorusskogo gosudarstvennogo universiteta informatiki i radioelektroniki. – 2012. – № 8(70). – S. 23 – 31. {in Russian}

12. Panova O.V., Biruk Ya.I. Kontseptualni pidkhody do keruvannya elektromahnitnoiu obstanovkoiu u vyrobnychykh umovakh. 2020. Mizhnarodna naukova internet-konferentsiia "Informatsiine suspilstvo: tekhnolohichni, ekonomichni ta tekhnichni aspekty stanovlennia". Rozdil Tekhnichni nauky. Sektsiia «Bezpeka zhyttiediiialnosti». Vypusk 47. s. 2. <https://drive.google.com/file/d/1Bdbmn2miwiqf5gsv3a933sEgCwHJJfoW/view> {in Ukrainian}