

УДК 538.69:331.45

doi: [10.31474/1999-981X-2018-1-69-76](https://doi.org/10.31474/1999-981X-2018-1-69-76)

Д.В. Рєзнік  
С.В. Сукач  
Ю.В. Зачепа  
О.В. Ходаковський

## ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ З МІНІМІЗАЦІЇ РІВНІВ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ У ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ

**Мета:** дослідити ефективність дії різноманітних захисних екранів та розробити комплекс «пасивних» організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітного обстановки у виробничих приміщеннях різного призначення, розглянути використання екранування захисними поверхнями різного складу та конструкцій задля зниження рівнів низькочастотних магнітних полів у виробничих приміщеннях різного призначення.

**Методика досліджень:** методика досліджень заснована на фундаментальних принципах теорії комп'ютеризованих вимірювальних систем, теорії планування наукового експерименту, комп'ютерному та імітаційному моделюванні. Експериментальні дані отримані в лабораторних умовах Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського кафедри систем автоматичного управління та електроприводу з використанням метрологічних сертифікованих вимірювальних приладів. Моделювання розробленої системи здійснювалося в сучасних програмних пакетах: Mathcad, Microsoft Excel, StatGraphics.

**Результати:** виконано експериментальні дослідження та отримано залежності індукції магнітного поля (ІМП) від відстані до асинхронних двигунів (АД).

**Наукова новизна:** Розраховано залежність коефіцієнта екранування від потужності зазначених двигунів та відстані встановлення екранів сіткової структури, та залежність ІМП після встановлення екрану для різних режимів. Для аналізу отриманих результатів та з метою мінімізації досліджень в роботі була використана методика математичного планування експерименту за схемою ротабельного центрального композиційного планування (РЦКП). У результаті розрахунків отримано математичну модель залежності ІМП АД. Представлена залежність дозволяє підібрати екран з відповідним поглинаючим ефектом залежно від виробничих умов технологічного процесу.

**Практична значимість.** Запропоновано алгоритм застосування «пасивних» організаційно-технічних заходів з мінімізації рівнів електромагнітних полів промислової частоти асинхронних машин у робочому просторі виробничих приміщень. Перевагою запропонованого комплексу «пасивних» організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітного обстановки у виробничих приміщеннях різного призначення, є концептуальний науково-інженерний підхід щодо визначення пріоритетності виконання робіт з охорони праці, прогнозування розподілу та мінімізація рівнів електромагнітних полів у робочій зоні з використанням технічних засобів.

**Ключові слова:** низькочастотні електромагнітні поля, захисні екрани, коефіцієнт екранування.

### Вступ.

Розроблення та впровадження організаційно-технічних заходів з мінімізації впливу низькочастотних електромагнітних полів (ЕМП) у виробничих умовах є складним завданням. Це пояснюється тим, що в умовах щільності електронного, електричного та електромеханічного обладнання у виробничих приміщеннях, які мають різні структури електричного і магнітного поля та закономірності їх просторового розподілу, обслуговуючий персонал постійно перебуває у ближній зоні впливу ЕМП. Тому для впровадження заходів необхідно враховувати ці особливості та відмітності.

Існує загальний комплекс організаційних і технічних заходів щодо захисту навколишнього середовища й людини від впливу ЕМП:

### «Активні»:

1. Застосування джерел ЕМП з мінімальною необхідною потужністю;
2. Вибір раціональних режимів роботи електрообладнання;
3. Зміна режимів роботи технічних засобів;
4. Застосування засобів позначень зон з підвищеним рівнем ЕМП;
5. Використання засобів індивідуального захисту;

### «Пасивні»:

6. Обмеження місця і часу перебування персоналу в зоні впливу ЕМП (захист відстанню і часом)
7. Використання технічних засобів, що обмежують надходження електромагнітної енергії на робочі місця (екранів, відбивачів, огорож).

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Аналіз виконаних досліджень довів, що для нормування рівнів низькочастотних ЕМП у виробничих приміщеннях різного призначення використання перших п'яти заходів в сьогоdnішніх умовах виробництва є надзвичай складним завданням. [1; 4]

Застосування зазначених заходів вимагає зміни технологічного процесу та виробничих завдань, зменшення випромінюваних потужностей, перенесення та реконструкцію випромінюючих елементів, зміну режимів роботи електрообладнання та технічних засобів, придбання додаткового технологічного обладнання, навчання та перекваліфікацію обслуговуючого персоналу, і, як наслідок, значних матеріальних вкладань. Використання засобів індивідуального захисту персоналом відбувається у випадку, коли інші захисні міри неможливі або недостатньо ефективні. Засоби індивідуального захисту ґрунтуються на принципі екранування джерел ЕМП і поглинання та (або) відбивання їх різними матеріалами. Для захисту тіла застосовується одяг із металізованих тканин і радіопоглинаючих матеріалів. Але такі засоби незручні для людини, обмежують його рухливість і можливість виконання операцій, погіршують гігієнічні умови. [2]

Найбільш ефективним заходом з нормалізації рівнів ЕМП є їх екранування захисними поверхнями різного складу та конструкцій. Виготовлення таких електромагнітних екранів і дослідження їх властивостей є актуальною проблематикою як в Україні, так і в усьому світі. [5]

Визначення місця розташування джерела магнітного поля, його інтенсивності і поляризації, що важливо для обґрунтованого проектування магнітного екрану, на практиці є доволі складним та трудомістким завданням. З достатньою об'єктивністю визначаються магнітні поля від різних низькочастотних джерел з великими струмами, зокрема, від електричних машин, трансформаторів, електронних пристроїв, проводів і кабелів систем електроживлення. [1; 3].

Ефективність екранування визначається магнітною проникністю, формою екрану, числом його шарів та іншими магнітними параметрами металу.

Існуючі теоретичні підходи щодо оцінки ефективності магнітостатичного екранування можуть істотно відрізнитися від їх реальних поглинаючих властивостей, оскільки екрани містять отвори, щілини і місця стиків окремих фрагментів конструкцій. Крім цього наявні обмеження за масо-габаритним показниками, як правило, не дозволяють реалізувати теоретично розраховані параметри екрану, наприклад, за його товщиною. [1-4].

### **Мета статті.**

Метою статті є дослідження ефективності дії різноманітних захисних екранів та розробку комплексу «пасивних» організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітного обстановки у виробничих приміщеннях різного призначення.

### **Виклад основного матеріалу.**

Аналіз в квазістатичному наближенні роботи магнітного екрану може ґрунтуватися на двох різних механізмах його роботи:

– *шунтуючою* дією матеріалу з високою магнітною проникністю. Такі матеріали «притягують» силові лінії магнітного поля і шунтують магнітний потік, розріджуючи область біля екрану від силових ліній. Цей механізм особливо ефективно проявляється на низьких частотах для усталеного магнітного поля. В цьому випадку ступінь ослаблення магнітного поля визначається магнітною проникністю матеріалу екрану, його геометрією і товщиною стінки – чим вища магнітна проникність, тим ефективніший поглинаючий ефект екрану;

– *компенсацією* зовнішнього магнітного поля вихрових струмів екрану. Наведені зовнішнім магнітним полем вихрові струми в стінці екрану створюють внутрішні магнітні поля, напрямом яких протилежний до напрямку зовнішнього поля. При цьому відбувається компенсація зовнішнього поля, що і визначає ефективність його ослаблення. Такий механізм типовий для змінного магнітного поля. В даному випадку істотну роль відіграє провідність матеріалу, яка повинна бути мінімальною за максимально можливою магнітною проникністю. Тут також важливі геометрія екрану і товщина його стінок. Слід мати на увазі, що на частотах близьких до

100 кГц магнітна проникність більшості магнітних матеріалів різко знижується.

Під час дії зовнішнього магнітного поля з індукцією  $B$  на поверхню металевго екрану, в ньому наводиться електричне поле, яке згідно закону Фарадея пропорційне швидкості  $dB/dt$  зміни індукції магнітного потоку. Якщо матеріал володіє провідністю  $\sigma$ , то індуковане електричне поле викликає струм певної щільності в товщині матеріалу. Цей струм, в свою чергу, є джерелом магнітного поля, яке спрямоване протилежно відносно зовнішнього поля. Суперпозиція зовнішнього і індукованого полів формує сумарний магнітний потік в матеріалі екрану і в екранованій області на протилежній від джерела стороні.

Описаний механізм екранування працює тільки тоді, коли зовнішнє поле змінюється в часі. При цьому він проявляється в будь-якому матеріалі, який має певну провідність, але обов'язково повинен бути феромагнетиком.

Для виготовлення екранів магнітних полів застосовуються різні матеріали, об'єднані в єдину конструкцію і класифікуються на: одношарові, багатшарові, із структурною неоднорідною поверхнею і комбіновані.

Одношарові конструкції екранів листової форми і у вигляді сіток виконуються з різноманітних матеріалів (сталь, мідь, алюміній, цинк, латунь), в тому числі металевих. Металеві матеріали задовольняють вимогу стійкості проти корозії при використанні відповідних захисних покриттів.

Найбільш поширеними у виробничих умовах екранами є суцільні захисні поверхні з феромагнітного матеріалу, зокрема, електротехнічної сталі. Однак згідно [1], довільне розташування такого екрану біля джерела низькочастотного ЕМП може не тільки знижувати напруженість магнітного поля, а й підвищувати її. Суцільний екран знижує рівні індукції магнітного поля (ІМП) з частотами до 50 Гц, але підвищує напруженість магнітного поля з частотами до 100 Гц. Крім того застосування таких екранів не завжди можливо через брак вільного простору біля електричних машин, необхідності контролю режимів її роботи тощо. Тому для ефективного екранування ЕМП промислової частоти необхідно враховувати як конструктивні і геометричні

характеристик екрана, так і місце його встановлення.

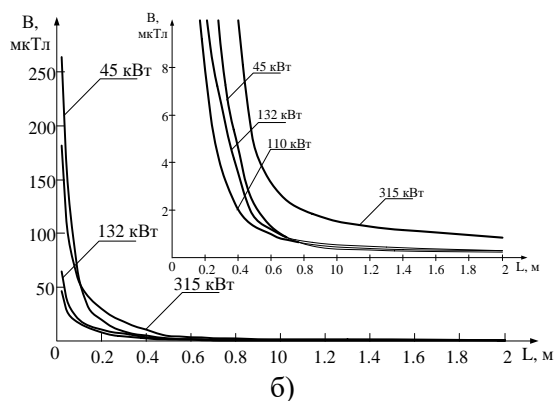
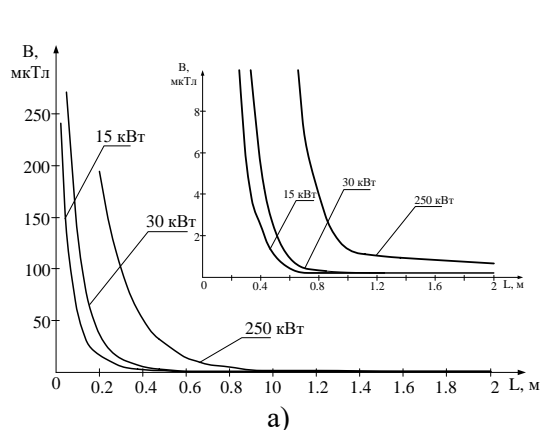
Аналіз наукових досліджень з зазначеної проблеми, довів відсутність обґрунтованих рекомендацій застосування заходів захисту працівників від небезпечної дії ЕМП електричних машин. Особливо це стосується двигунів, що вже тривалий термін знаходяться в експлуатації або пройшли ремонтне обслуговування.

В ході проведення експериментальних досліджень (рис. 1 і 2), виконано аналіз впливу параметрів екрану на його ефективність. В якості екрану використовувалися різного типу металізовані сітки, при цьому задача з дослідження захисних властивостей залежно від структури матеріалів, хімічного та мінералогічного складу екранів не ставилася. В якості джерел низькочастотного ЕМП – асинхронні двигуни (АД) різної потужності, що працюють у виробничих умовах.

На рис. 1 наведені експериментальні залежності зміни індукції магнітного поля (ІМП) від відстані до АД. Конструктивні характеристики досліджуваних екранів та їх коефіцієнти екранування  $K_E$  наведено в табл. 1. Під час експериментів екрани мали однаковий розмір 0,75x1 м і були встановлені на відстані 0,15 м від АД, а заміри значень ІМП здійснювалися в центрі кожного з екранів.

Таблиця 1 – Коефіцієнт екранування різних типів сіткових екрану

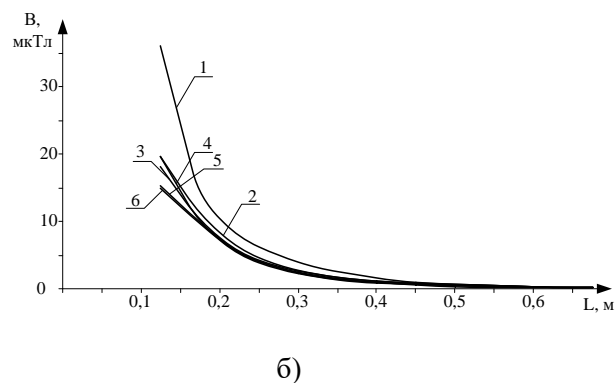
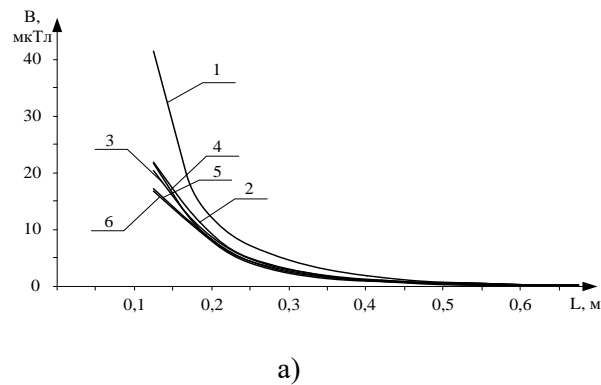
Тип екрану, розмір вічка	$K_E$ для відповідного режиму роботи АД	
	неробочий хід	під навантаженням
ізолювана металева сітка, 50x50 мм	5,58	5,25
ізолювана металева сітка, 25x25 мм	6,18	5,98
заземлена неізолювана металева сітка, 25x25 мм	6,53	5,32
заземлена неізолювана металева сітка, 12,5x12,5 мм	8,66	7,44
заземлена неізолювана металева сітка, 6x6 мм	8,84	7,66



**Рис. 1.** Залежність ІМП від відстані до АД з частотою напруги живлення: а) 50 Гц, б) 40 Гц

Залежність значень ІМП АД від типу екрану та режиму роботи наведено на рис. 2, де характеристики позначені відповідно: 1 – без екрану; 2 – з екраном із металеві ізолюваної сітки, 50х50 мм; 3 – з екраном із металеві ізолюваної сітки, 25х25 мм; 4 – з екраном із металеві неізолюваної заземленої сітки, 25х25 мм; 5 – з екраном із металеві неізолюваної заземленої сітки, 12,5х12,5 мм; 6 – з екраном із металеві неізолюваної заземленої сітки, 6х6 мм.

Аналіз результатів експериментальних досліджень зміни ІМП АД дозволяє сформулювати рекомендації щодо застосування захисних екранів у вигляді металеві сітки різного типу для зменшення рівня ЕМП у робочій зоні виробничого приміщення. Встановлено, що застосування захисних екранів дозволяє зменшити не менше ніж на 40 % рівень ІМП у робочій зоні.



**Рис. 2.** Залежність ІМП після встановлення екрану для режимів: а) неробочий хід, б) під навантаженням

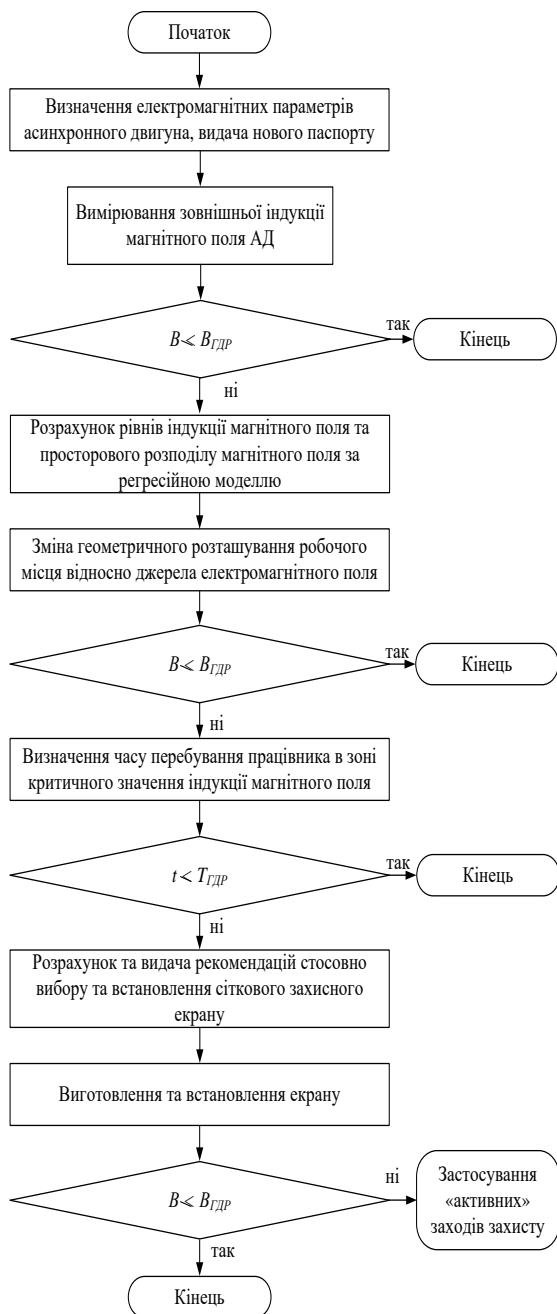
Для аналізу отриманих результатів та з метою мінімізації досліджень в роботі була використана методика математичного планування експерименту за схемою ротатабельного центрального композиційного планування (РЦКП). У результаті розрахунків отримано математичну модель залежності ІМП АД:

$$B = 99,61 + 0,16P - 141,451L - 20,3K_E + +0,007P^2 - 0,395PL - 0,023PK_E + +48,789L^2 + +14,79LK_E + 1,036K_E^2. \quad (1)$$

де  $P$  – потужність АД, кВт;  $L$  – відстань до АД, м;  $K_E$  – коефіцієнт екранування, дБ.

Адекватність отриманої залежності за коефіцієнтом детермінації становить  $R^2 = 0,959$ .

Виходячи з вищенаведеного запропоновано алгоритм організаційних і технічних «пасивних» заходів (рис. 3).



**Рис. 3.** Алгоритм застосування «пасивних» організаційно-технічних заходів з мінімізації впливу низькочастотних ЕМП АД у виробничих умовах

З використанням розробленого методу, за розрахунковими електромагнітними параметрами АД визначається потужність на валу двигуна:

$$P_{MEK} = 3(I_2)^2 R_2 / s \tag{2}$$

де  $I_2 = E_2 / (R_2 / s + jX_m)$  – струм ротора АД,

А;

$$E_2 = \frac{U_\phi}{Z_\Sigma \sqrt{3}} = \frac{U_\phi}{\sqrt{3}} - I_1 (R_1 + jX_1) \tag{3}$$

електрорушійна сила паралельного контуру

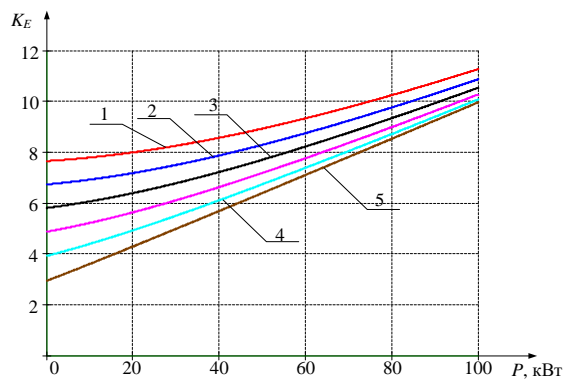
схеми заміщення, В;

$$I_1 = \frac{U_\phi}{Z_\Sigma \sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{U_\phi}{(R_1 + jX_1) + \frac{j(X_m X_2^2 + X_m^2 X_2) + X_m^2 R_2 / s + jX_m \left(\frac{R_2}{s}\right)^2}{\left(\frac{R_2}{s}\right)^2 + (X_2 + X_m)^2}}$$

– струм статора АД в робочому режимі,  $X_1, X_2, X_m$  – індуктивний опір статора, ротора та контуру намагнічування АД відповідно;  $j = \sqrt{-1}$  – уявна одиниця;  $R_1, R_2$  – активний опір статора та ротора АД відповідно;  $s$  – ковзання;  $U_\phi$  – фазна напруга.

Потім вимірюється ІМП АД і здійснюється порівняння з граничнодопустимим значенням згідно відповідних норм. При перевищенні рівнів санітарно-гігієнічних норм, за отриманої математичної моделі виду (1) здійснюється моделювання просторових розподілів рівнів ІМП [2]. На основі отриманих розрахунків, на першому етапі пропонується зміна геометричного розташування робочого місця. Далі, якщо у виробничих умовах зазначений захід здійснити неможливо, то визначається безпечний час знаходження працівників в зоні дії ЕМП АД. Якщо зазначені заходи не приносять бажаного результату, то за результатом розрахунку пропонується залежності (1) відносно  $K_E$  надаються рекомендації щодо встановлення захисного сіткового екрану.

На рис. 4 наведено залежність  $K_E$  від потужності АД та відстані встановлення екрану з забезпеченням рівня ІМП згідно допустимих санітарно-гігієнічних норм.



**Рис. 4.** Залежність коефіцієнта екранування від відстані встановлення екрану:  
1 – 0,15 м; 2 – 0,30 м; 3 – 0,45 м; 4 – 0,60 м;  
5 – 0,75 м; 6 – 0,90 м

Представлена залежність дозволяє підібрати екран з відповідним поглинаючим ефектом залежно від виробничих умов технологічного процесу, тобто залежно від потужності джерела випромінювання та наявності вільного місця для встановлення екрану.

У разі якщо зазначені заходи «пасивного» захисту не дозволяють нормалізувати електромагнітну обстановку, то необхідно використовувати «активні» заходи захисту.

### Висновки

Перевагою запропонованого комплексу «пасивних» організаційно-технічних заходів з нормалізації електромагнітного обстановки у виробничих приміщеннях різного призначення, є концептуальний науково-інженерний підхід щодо визначення пріоритетності виконання робіт з охорони праці, прогнозування розподілу та мінімізація рівнів електромагнітних полів у робочій зоні з використанням технічних засобів.

### Список літератури

1. Глива В.А., Левченко Л.О., Перельот Т.М. Просторові критерії екранування низькочастотних магнітних полів. *Збірник наукових праць «Управління розвитком складних систем»* Київ: КНУБА. 2015. Вип. 22. С. 158–164.
2. Зачепа Н.В., Чорна О.А., Резнік Д.В., Ніколаєв К.Д., Луценко І.А. Дослідження поширення магнітного поля асинхронної машини в умовах навчально-виробничих лабораторій. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи: щоквартальний науково-виробничий журнал*. Кременчук: КрНУ. 2017. Вип. 3/2017(39). С. 38–45.
3. Bhattacharjee S. Protective Measures to Minimize the Electromagnetic Radiation. *Electronic and Electric Engineering*. 2014. Vol. 4. Pp. 375–380.

4. ETSI EN 300 220-2 V2.4.1 (2012-05): Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Short Range Devices (SRD); Radio equipment to be used in the 25 MHz to 1 000 MHz frequency range with power levels ranging up to 500 mW; Part 2: Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive.

5. Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields). URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:179:0001:0021: EN:PDF>

### References

1. Gluva V. (2015) «Spatial criteria for the shielding of low-frequency magnetic fields», [Prostorovi kriterii ekranuvannya nizkochastotnih magnitnih poliv], *zbirnik naukovih prac "Upravlinnya rozvitkom skladnih sistem"*, Kiev, Voip. 22. – Pp. 158–164. (in Ukrainian)]
2. Zachepa N., Chorna O., Reznik D., Nikolayev K., Lutsenko I. (2017) "Investigation of the distribution of the magnetic field of an asynchronous machine in the conditions of training and production laboratories." [Doslidzennya poshirennya magnitnogo polya asinxronnoi mashini v umovah navchalno – virobnychix laboratoriy], // *Elektromexanichni I energozberigayuchi sistemi : shokvartalniy naukovo-virobnichiy gurnal.*, Kremenchuk, KrNU, 2017. 3/2017 (39). Pp. 38–45. (in Ukrainian)]
3. Bhattacharjee S. Protective Measures to Minimize the Electromagnetic Radiation / S. Bhattacharjee // *Electronic and Electric Engineering*.- 2014.-Vol. 4. – P. 375 – 380.
4. ETSI EN 300 220-2 V2.4.1 (2012-05): Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Short Range Devices (SRD); Radio equipment to be used in the 25 MHz to 1 000 MHz frequency range with power levels ranging up to 500 mW; Part 2: Harmonized EN covering essential requirements under article 3.2 of the R&TTE Directive.
5. Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields).<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2013:179:0001:0021: EN:PDF>.

Надійшла до редакції 14.04.2018

Рецензент д-р. техн. наук, проф. С.М. Александров.

**Резнік Дмитро Володимирович** – ст. викладач кафедри систем автоматичного управління та електропривода, Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20, Україна.

E-mail: [2411dimareznik@gmail.com](mailto:2411dimareznik@gmail.com)

**Сукач Сергій Володимирович** – доктор технічних наук, доцент кафедри систем автоматичного управління та електропривода Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20, Україна.

E-mail: [sergvs69@ukr.net](mailto:sergvs69@ukr.net)

**Зачепа Юрій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри систем автоматичного управління та електропривода Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20, Україна.

E-mail: [zip1981@ukr.net](mailto:zip1981@ukr.net)



**Ходаковський Олексій Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри безпеки життєдіяльності навчально-наукового інституту екологічної безпеки Київського національного авіаційного університету. м. Київ, пр-т. Космонавта Комарова 1.  
E-mail: [dzgeron@gmail.com](mailto:dzgeron@gmail.com)

#### **ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО МИНИМИЗАЦИИ УРОВНЕЙ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

**Цель:** исследовать эффективность действия различных защитных экранов и разработать комплекс «пассивных» организационно-технических мероприятий по нормализации электромагнитного обстановки в производственных помещениях различного назначения, рассмотреть использование экранирование защитными поверхностями различного состава и конструкции для снижения уровней низкочастотных магнитных полей в производственных помещениях различного назначения.

**Методика:** Методика исследования основана на фундаментальных принципах теории компьютеризированных измерительных систем, теории планирования научного эксперимента, компьютерном и имитационном моделировании. Экспериментальные данные получены в лабораторных условиях Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского кафедры систем автоматического управления и электропривода с использованием метрологических сертифицированных измерительных приборов. Моделирование разработанной системы осуществлялось в современных программных пакетах: Mathcad, Microsoft Excel, StatGraphics.

**Результаты:** выполнены экспериментальные исследования и получены зависимости изменения индукции магнитного поля от расстояния до асинхронных двигателей.

**Научная новизна:** Рассчитана зависимость коэффициента экранирования от мощности указанных двигателей и расстояния установки экранов сетевого структуры, и зависимость ИМП после установки экрана для различных режимов. Для анализа полученных результатов и с целью минимизации исследований в работе была использована методика математического планирования эксперимента по схеме ротатбельного центрального композиционного планирования (РЦКП). В результате расчетов получена математическая модель зависимости ИМП АД. Представлена зависимость позволяет подобрать экран с соответствующим поглощающим эффектом в зависимости от производственных условий технологического процесса.

**Практическая значимость.** Предложен алгоритм применения «пассивных» организационно-технических мероприятий по минимизации уровней электромагнитных полей промышленной частоты асинхронных машин в рабочем пространстве производственных помещений. Преимуществом предложенного комплекса «пассивных» организационно-технических мероприятий по нормализации электромагнитного обстановки в производственных помещениях различного назначения, является концептуальный научно-инженерный подход по определению приоритетности выполнения работ по охране труда, прогнозирования распределения и минимизация уровней электромагнитных полей в рабочей зоне с использованием технических средств.

**Ключевые слова:** низкочастотные электромагнитные поля, защитные экраны, коэффициент экранирования.

**Резник Дмитрий Владимирович** – ст. преподаватель кафедры систем автоматического управления и электропривода, Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. м. Кременчуг, ул. Первомайская, 20, Украина.

E-mail: [2411dimareznik@gmail.com](mailto:2411dimareznik@gmail.com)

**Сукач Сергей Владимирович** – доктор технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления и электропривода, Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. м. Кременчуг, ул. Первомайская, 20, Украина.

E-mail: [sergvs69@ukr.net](mailto:sergvs69@ukr.net)

**Зачепа Юрий Владимирович** – кандидат технических наук, доцент кафедры систем автоматического управления и электропривода, Кременчугского национального университета имени Михаила Остроградского. м. Кременчуг, ул. Первомайская, 20, Украина.

E-mail: [zip1981@ukr.net](mailto:zip1981@ukr.net)

**Ходаковський Олексій Володимирович** – кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры безопасности жизнедеятельности учебно-научного института экологической безопасности Киевского национального авиационного университета. м. Киев, пр-т. Космонавта Комарова 1.

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

#### **ORGANIZATIONAL AND TECHNICAL ACTIVITIES ON MINIMIZATION OF LOWER-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD LEVELS IN MANUFACTURING CONDITIONS**

**Abstract.** Aim: to investigate the effectiveness of various protective screens and to develop a set of "passive" organizational and technical measures for the normalization of the electromagnetic environment in industrial premises of different uses, to consider the use of screening with protective surfaces of different composition and structures to reduce the levels of low-frequency magnetic fields in industrial premises of various applications.

**Method:** the research methodology is based on the fundamental principles of the theory of computerized measurement systems, design of experiment, computer simulation and physical simulation. Experimental data were obtained

using metrological certified measuring instruments in the laboratory of the Automatic Control Systems and Electric Drive department of the Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. Modeling of the developed system was conducted in modern software packages: Mathcad, Microsoft Excel, StatGraphics.

**Results:** experimental studies were performed and dependences of the magnetic field induction change from distance to asynchronous motors were obtained.

**Scientific novelty:** The dependence of the shielding factor on the power of the specified engines and the distance of the installation of screens of the grid structure is calculated, and the dependence of the IMP after the screen setup for different modes. To analyze the results and to minimize the research in the work, the method of mathematical planning of the experiment using the rotatable central composite planning scheme (RSCP) was used. As a result of calculations a mathematical model of the dependence of the IMP AD was obtained. The given dependence allows to pick up a screen with the corresponding absorbing effect depending on the production conditions of the technological process.

**Practical significance.** The algorithm of application of "passive" organizational and technical measures for minimization of levels of electromagnetic fields of industrial frequency of asynchronous machines in the working space of industrial premises is proposed. The advantage of the proposed set of "passive" organizational and technical measures for the normalization of the electromagnetic environment in industrial premises of various purposes is the conceptual scientific and engineering approach for determining the priority of work on occupational safety, forecasting the distribution and minimizing the levels of electromagnetic fields in the working area with the use of technical means.

**Keywords:** low-frequency electromagnetic fields, protective screens, shielding coefficient.

**Reznik Dmitry Vladimirovich** – art. professor of the Department of Systems of Automatic Control and Electric Drive, Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskyi National University. Kremenchuk, street Pershotravneva, 20, Ukraine.

E-mail: [2411dimareznik@gmail.com](mailto:2411dimareznik@gmail.com)

**Sukach Sergey Vladimirovich** – doctor of technical sciences, associate professor of the Department of Systems of Automatic Control and Electric Drive of the Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskyi National University. Kremenchuk street Pershotravneva, 20, Ukraine.

E-mail: [sergvs69@ukr.net](mailto:sergvs69@ukr.net)

**Zachepa Yuriy Vladimirovich** – candidate of technical sciences, associate professor of the Department of Systems of Automatic Control and Electric Drive of the Kremenchuk Mykhaylo Ostrogradskyi National University. Kremenchuk, street Pershotravneva, 20, Ukraine.

E-mail: [zip1981@ukr.net](mailto:zip1981@ukr.net)

**Khodakovskiy Oleksiy Volodymyrovych** – candidate of technical sciences, associate professor, doctoral student of the life safety department of the educational-scientific institute of ecological safety of the Kiev National Aviation University. Kiev, pr-t. Cosmonaut Komarova 1.

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