

## **ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ КОРИСТУВАЧІВ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ**

*В. А. Глива, О. Г. Вільсон, кандидати техн. наук, І. О. Азнаурян, інж. (КНУБА), І. М. Ковтун, канд. техн. наук (НТУУ „КПІ”), Л. О. Левченко, канд. екон. наук (МАУП)*

*Рассмотрен перечень и содержание организационно-технических мероприятий по повышению уровня охраны труда пользователей компьютерной техники и специалистов, эксплуатирующих автоматизированные системы. Предложена система мониторинга основных параметров производственной среды.*

Переважає більшість досліджень і прикладних розробок з охорони праці в Україні стосується промислових підприємств зі шкідливими умовами праці та великими ризиками травматизму і виникнення професійних захворювань. Це викликано, в першу чергу, резонансністю аварій та нещасних випадків на таких виробництвах і беззаперечністю зв'язку між умовами праці та виникненням того чи іншого професійного захворювання.

Проте в останні роки сформувалася специфічна група підприємств і великих підрозділів промислових підприємств, основним робочим обладнанням яких є засоби обчислювальної техніки, об'єднані у цілісні інформаційно-технічні комплекси. Організаційно-методичний рівень заходів з охорони праці на цих підприємствах перебуває на незадовільному рівні. Така ситуація обумовлена низкою причин як об'єктивного, так і суб'єктивного характеру.

Той факт, що нормативна база з охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин перебуває на сучасному рівні (хоча і не без недоліків), а технічні засоби мають сертифікати відповідності нормам безпеки, сприймається як гарантія їх повної безпеки при використанні. До того ж шкідливий вплив з боку комп'ютерної техніки не проявляється безпосередньо за короткий час. Все це призводить до того, що на підприємствах і у підрозділах такого профілю охороні праці не приділяється належної уваги, а відповідні служби або фахівці є лише формально або взагалі відсутні.

В той же час дослідження з виявлення чинників шкідливого впливу комп'ютерної техніки на працюючих [1] довели надзвичайну актуальність такої роботи і необхідність визначення відповідних чисельних критеріїв. У працях [2, 3] показано, що формальне виконання вимог з охорони праці користувачів персональних комп'ютерів не забезпечує безпеки операторів та технічного персоналу від шкідливого впливу електромагнітних полів.

Масове використання комп'ютерної техніки в навчальних процесах з навантаженням на рівні користувачів-професіоналів вимагає забезпечення максимального, технічно досяжного рівня безпеки, що можливо тільки за умови застосування цілої низки працезохоронних заходів [4].

Дослідження у цій галузі, як правило, спрямовані на розв'язання якоїсь окремої задачі і розглядають один з типів шкідливого впливу. Проте для розв'язання загальної проблеми забезпечення максимального рівня безпеки праці при експлуатації засобів обчислювальної техніки та автоматизованих систем необхідним є комплексний підхід з урахуванням усіх суттєвих факторів негативного впливу на працюючих.

Метою статті є визначення основних складових підвищення рівня безпеки праці при експлуатації засобів обчислювальної техніки та автоматизованих систем, надання науково обґрунтованих рекомендацій щодо їх реалізації.

Задачами дослідження є:

- аналіз існуючих недоліків організаційно-технічних заходів з охорони праці спеціалістів, що експлуатують засоби обчислювальної техніки;
- виявлення чинників негативних впливів на працюючих, визначення методів реєстрації їх чисельних рівнів та критеріїв оцінки.

Перелік та зміст організаційно-технічних заходів щодо забезпечення належних умов праці користувачів засобів обчислювальної техніки досить чітко регламентуються чинними нормативними актами з охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. Більшість з них – ергономічні параметри робочих місць, вимоги до освітлення та температурного режиму – досить легко виконуються і не потребують особливих затрат та технічних рішень, принаймні у сучасних адміністративних, виробничих та навчальних будівлях.

Проте контроль і забезпечення таких параметрів, як рівні шуму на робочих місцях, іонізація повітря та електромагнітних полів і випромінювань потребують спеціального обладнання і відповідних методик. Це обумовлено, в першу чергу, динамікою цих параметрів у часі (час доби, день тижня) та у просторі (вмикання тих чи інших приладів у окремих приміщеннях та їх частинах).

Такі коливання рівнів електромагнітних полів потребують безперервного їх контролю, що реалізується за допомогою пристрою і методики [2], які не потребують додаткових затрат на обладнання і залучення окремого працівника до здійснення такого контролю.

Слід зазначити, що аналогічним чином вимірювалися і рівні шуму в приміщеннях. Це здійснювалося підключенням мікрофону до звукової карти персонального комп'ютера. При цьому за допомогою програми, що використовується для оброблення звуку, аналізувався частотний спектр. Таке програмне забезпечення досить поширене і не потребує ліцензування. Єдиною умовою його практичного використання є попередня калібровка екрана комп'ютера за допомогою вимірювача шумового навантаження. Щодо чисельних рівнів шуму, то їх нормування носить досить суб'єктивний характер. Опитування великої кількості програмістів і операторів показало, що прийнятними є рівні шуму, які не перевищують 40 дБ. Такий рівень шуму практично відповідає сучасним вимогам [6], проте нижчий, ніж вимагають санітарні норми для користувачів комп'ютерної техніки (50 дБ для програмістів і 65 дБ – для операторів). Слід зауважити, що така градація у сучасних

умовах, коли майже кожне робоче місце у великих приміщеннях є комп'ютеризованим, не зовсім прийнятна.

Зважаючи на те, що основним джерелом фонового шуму з боку персональних комп'ютерів є вентилятори охолодження системних блоків, цей факт слід враховувати при плануванні регламентних робіт і у майбутньому враховувати при користуванні нормативною базою з охорони праці.

У процесі дослідження встановлено, що магнітне поле промислової частоти та її гармонік негативно впливає як на користувачів обчислювальної техніки, так і на технічні засоби. При цьому третя гармоніка (150 Гц) часто призводить до нестабільної роботи комп'ютерів та їх відмов. Поява третьої гармоніки обумовлена, у загальному випадку, незбалансованістю навантажень на окремі фази у трифазній мережі електроживлення (рис. 1).

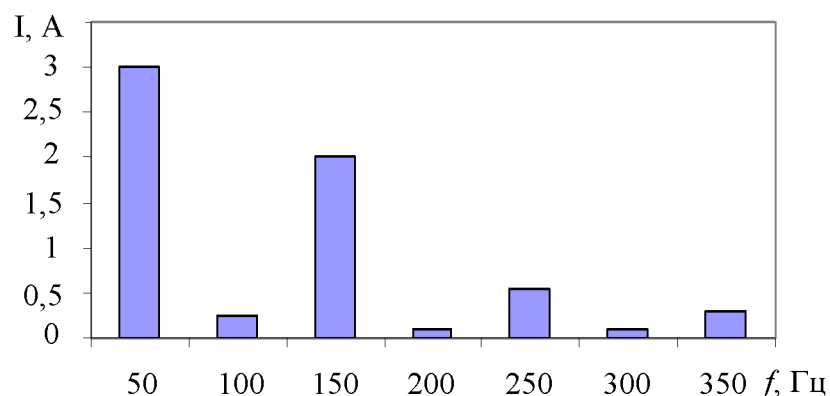


Рис. 1. Гармонічний склад змінного струму промислової частоти у робочому приміщенні

Уникнути цього можна за рахунок періодичного контролю і рівномірного розподілу навантаження на фазах.

Особливістю засобів обчислювальної техніки є те, що такі споживачі (персональні комп'ютери, комп'ютерна периферія, блоки безперебійного живлення, копіювальні апарати, факси тощо) є нелінійними електроспоживачами. Це призводить до того, що у мережах електроживлення будівель реєструються вищі (відносно промислової частоти) гармоніки. Це, у свою чергу, є причиною появи вищих гармонічних складових у спектрі магнітного поля промислової частоти. Якісний склад такого спектра наведено на рис. 2.

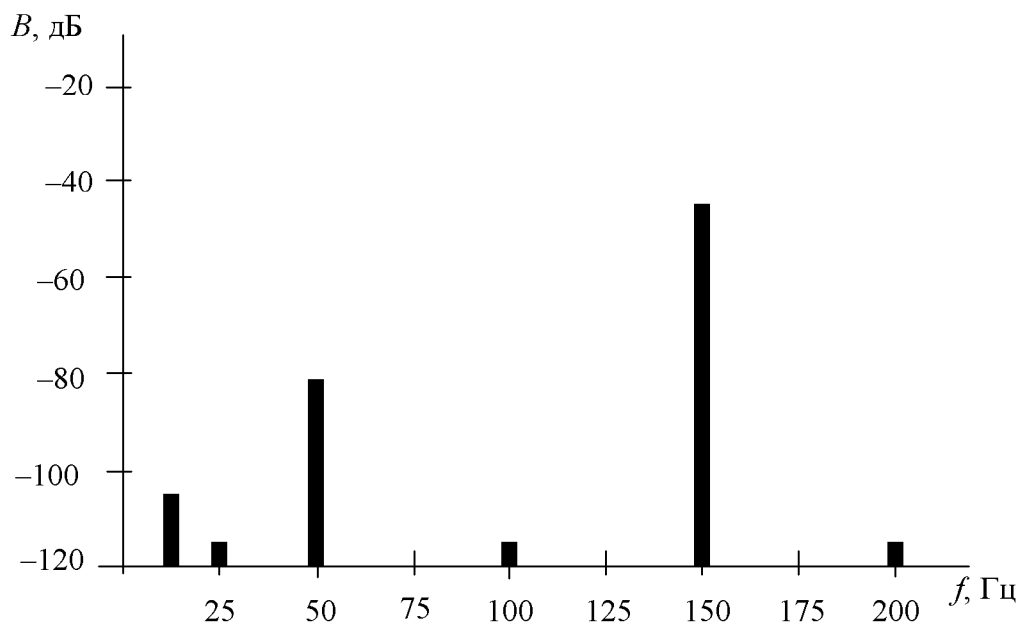


Рис. 2. Спектральний склад магнітного поля у приміщенні, де експлуатуються персональні комп'ютери

Причиною такого явища є те, що для електроживлення таких технічних засобів використовуються вбудовані імпульсні джерела живлення, які є нелінійними споживачами і опір яких змінюється у часі. Струми споживання цих джерел мають імпульсний характер, що обумовлено схемними особливостями імпульсних джерел живлення.

Досвід свідчить, що у випадках, коли потужність нелінійних електроспоживачів перевищує 20...25% від загальної потужності, у спектральному складі магнітного поля промислової частоти спостерігається присутність третьої гармоніки, причому її рівень може бути меншим, порівняним і значно вищим, ніж рівень першої (основної) гармоніки.

Якщо потужність нелінійних електроспоживачів досягає лише 15...20%, якихось особливостей у спектральному складі магнітного поля промислової частоти, як правило, не спостерігається.

Наведені особливості генерації магнітних полів висувають ряд вимог до інструментального контролю рівнів магнітних полів у робочих приміщеннях. У загальному випадку за рахунок фазового зсуву струмів магнітне поле є таким, що обертається, еліптично поляризованим. Тому визначати діюче значення індукції магнітного поля  $B_d$  слід за трьома взаємно перпендикулярними осями з таким розрахуванням модуля вектора магнітної індукції:

$$B_d = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [B_x^2(t) + B_y^2(t) + B_z^2(t)] dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T B_x^2(t) dt} + \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T B_y^2(t) dt} + \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T B_z^2(t) dt} .$$

Магнітні поля струмових джерел можуть бути розраховані на основі використання векторного потенціалу  $A$ . Векторний потенціал  $A$  задовольняє рівнянню Даламбера

$$\Delta \mathbf{A} = -\frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \mathbf{A}}{\partial t^2} = -\mu_0 \mu \mathbf{j},$$

де  $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}$  – швидкість поширення електромагнітних хвиль у середовищі з електричною і магнітною проникністю  $\epsilon$  і  $\mu$ ;  $c$  – швидкість світла у вакуумі;  $j$  – густина струму провідності;  $\Delta$  – оператор Лапласа.

Розв'язок цього рівняння має вигляд

$$\mathbf{A}(r, t) = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \int \frac{j(r', t \pm \frac{|r-r'|}{v})}{|r-r'|} dV',$$

де інтегрування виконується по об'єму, у якому задано розподіл  $j$ ;  $r$  – радіус-вектор точки, в якій у момент  $t$  розглядається потенціал  $\mathbf{A}$ ;  $r'$  – радіус-вектор розташування об'єму  $dV'$ ;  $|r-r'|$  – відстань від елемента  $dV'$  до точки спостереження, знак плюс відповідає випереджувальному, а мінус – загаяному потенціалам.

У даному випадку розглядається магнітне поле на відстанях  $r$  від джерела електромагнітних хвиль з розмірами  $l$ , що задовольняє умові ближнього поля

$$l \ll r \ll \lambda,$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі, що випромінюється.

При цьому час поширення електромагнітних коливань до точки спостереження малий порівняно з періодом коливань, тому при розрахунку векторного потенціалу  $\mathbf{A}$  загаяванням сигналу можна нехтувати, а  $\mu$  для повітря прийняти рівним одиниці:

$$A(r, t) = \frac{\mu}{4\pi} \int \frac{j(r', t)}{|r-r'|} dv'.$$

Розклавши цей потенціал у ряд відносно  $\frac{l}{r} \approx \frac{r'}{r}$ , маємо

$$\frac{1}{|r-r'|} = \frac{1}{r} + \frac{rr'}{r^3} + \dots,$$

тобто

$$A(r, t) = \frac{\mu_0 \dot{p}(t)}{4\pi r} + \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{mr}{r^3} + \dots,$$

де  $p(t)$  – електричний дипольний момент системи;  $\dot{p} = \frac{\partial p}{\partial t}$ ,  $m(t)$  – її магнітний момент.

Індукція магнітного поля такої системи  $B$  визначається як  $B = \text{rot} A$ ,

$$B = \mu_0 \frac{pr}{4\pi r^3} + \mu_0 \frac{3r(mr)}{4\pi r^5} - \mu_0 \frac{m}{4\pi r^3} + \dots$$

Перша складова є полем, що створюється струмом  $j(t)$ , друга і третя відповідають полю магнітного диполя. Враховуючи те, що форма магнітних полів засобів обчислювальної техніки подібна до форми поля магнітного диполя, результати розрахунків добре збігаються з експериментом. Якщо позначити  $\alpha$  кут між площиною диполя і напрямком до точки визначення індукції магнітного поля,  $x$  – напрямком, що відповідає площині диполя, а  $y$  – напрямком, перпендикулярний площині диполя, то у скалярному вигляді

$$B_x = \mu_0 \frac{3m \sin \alpha \cos \alpha}{4\pi r^3}, \quad B_y = \mu_0 \frac{m(3\cos^2 \alpha - 1)}{4\pi r^3}.$$

Аналітичні функції, отримані на основі статистичного аналізу експериментальних даних, добре узгоджуються з наведеними співвідношеннями.

Такий порядок проведення контролю не вимагається чинними санітарними нормами з експлуатації обчислювальної техніки, проте є єдиним способом, що дає достовірні дані щодо електромагнітної обстановки.

Наслідком використання у робочих приміщеннях лазерних принтерів, факсів, копіювальних апаратів є значні зміни в іонному складі повітря і наявності шкідливих речовин (наприклад, оксидів азоту). Проте надійного і економічно прийняттого способу виявлення їх концентрацій, який би інтегрувався у систему моніторингу параметрів виробничого середовища при експлуатації автоматизованих систем, на сьогодні не існує. Розроблення такого способу стикається зі значними труднощами технічного характеру. Враховуючи значний вплив цих факторів на стан здоров'я працюючих, зазначимо, що роботи у цьому напрямку не тільки доцільні, але й необхідні.

Лишаються невизначеними ще кілька факторів електромагнітного впливу, наприклад джерело магнітного поля частотою 12,5 Гц, що простежується у вимірюваних спектрах, та його вплив як на працюючих, так і на стабільність функціонування технічних засобів.

Програмно-апаратний комплекс моніторингу параметрів виробничого середовища користувачів обчислювальної техніки та спеціалістів, що експлуатують автоматизовані системи, повинен будуватися таким чином, щоб інтеграція додаткових функцій у систему виконувалась з мінімальним технічним переоснащенням і була економічно доцільною.

1. Скрипка О. В., Перев'язка М. Ф., Єрмак С. І. Проблеми та шляхи вирішення питань безпеки та екології при використанні комп'ютерної техніки // Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. тр. – Днепропетровск: ПГАСА. – 2005. – Вып. 28. – С. 189–194.

2. Підвищення рівня охорони праці при експлуатації автоматизованих систем / О. Г. Вільсон, В. А. Глива, Г. Д. Потапенко, С. Ф. Григор'єв, Л. О. Левченко // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – К.: НТУУ «КПІ». – 2004. – Вип. 11. – С. 103–108.

3. Будянская Э. Н., Евтушенко Л. Г., Нестеренко С. В. Безопасность жизнедеятельности человека в условиях воздействия электромагнитных полей // Комунальне господарство міст: Науково-технічний збірник. – К.: Техніка. – Вип. 64. – С. 131–135.

4. Левченко Л. О. Безпека роботи користувачів персональних комп'ютерів при опануванні інформаційних технологій // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – К.: НТУУ «КПІ». – 2006. – Вип. 13. – С. 155–159.

5. Ковтун И. Н., Глива В. А. Повышение уровня охраны труда за счет непрерывного мониторинга вредных физических факторов // Сварщик. – К.: ГВП «Экотехнология». – 2007. – № 1. – С. 38–39.

6. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.