

В. В. Коваленко  
(Національний авіаційний університет)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБСТАНОВКИ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ ПЕРСОНАЛУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

*Дослідження фактичних рівнів електромагнітних полів на робочих місцях працівників міського електричного транспорту – необхідна умова для розробки та впровадження організаційно-технічних заходів забезпечення електромагнітної безпеки. Проведено вимірювання магнітного поля на робочих місцях. Отримані данні свідчать, що коливання магнітного поля під час руху транспортних засобів залежать не тільки від режиму роботи електроприводу постійного струму, а й від ферромагнітного оточення. Зниження амплітуди коливань магнітного поля можливо завдяки використанню магнітном'яких поверхонь або автоматичних систем компенсації.*

**Ключові слова:** електромагнітна безпека, електричний транспорт, електромагнітне поле, індукція магнітного поля.

*Исследование фактических уровней электромагнитных полей на рабочих местах работников городского электрического транспорта – необходимое условие для разработки и внедрения организационно-технических мер по обеспечению электромагнитной безопасности. Проведены измерения магнитного поля на рабочих местах. Полученные данные свидетельствуют, что колебания магнитного поля во время движения транспортных средств зависят не только от режима работы электропривода постоянного тока, но и от ферромагнитного окружения. Снижение амплитуды колебаний магнитного поля возможно благодаря использованию магнитномягких поверхностей или автоматических систем компенсации.*

**Ключевые слова:** электромагнитная безопасность, электрический транспорт, электромагнитное поле, индукция магнитного поля.

*Research of the actual levels of electromagnetic fields in workplaces of city electric transport employees is a necessary condition for the development and implementation of organizational and technical measures to ensure electromagnetic safety. The data obtained showed that the fluctuations of the magnetic field during the movement of vehicles depend not only from the operation mode of the DC electric drive, but also from a ferromagnetic environment. Reducing the amplitude of the magnetic field oscillation is possible by using the soft magnetic surfaces or automated payment systems.*

**Keywords:** *electromagnetic safety, electric transport, electromagnetic field, magnetic field induction.*

Сучасною тенденцією у розвитку міського громадського транспорту є підвищення питомої ваги електричних транспортних систем – як традиційних, (трамвай, тролейбус, метрополітен), так і новітніх – автомобілів з електричним приводом. Але дослідження їх впливу на людей стосуються, в основному, екологічної складової, тобто поширення електромагнітних полів на територіях або визначення їх рівнів у пасажирських салонах. У той же час водії таких транспортних засобів протягом усієї робочої зміни перебувають поблизу джерел електромагнітних полів, рівні яких на робочих місцях практично не визначалися, а заходи зі зниження їх впливу на працюючих не розроблялися.

*Стан питання.* Дослідження останніх років довели, що техногенні низькочастотні магнітні поля потенційно небезпечні для здоров'я людей. Так, у роботі [1] показано, що магнітні поля у електропоїздах мають гігієнічно значущі рівні (10–20 мкТл). Ці дослідження проводилися на найсучаснішому на той час швидкісному поїзді у Німеччині. При цьому встановлено, що змінні магнітні поля мають надзвичайно малу частоту (в основному – нижчу за 15 Гц) і ця частота не є постійною.

У дослідженні [2] визначено коливання магнітного поля на території міста внаслідок руху трамваїв і тролейбусів, які використовують постійний електричний струм. Показано, що вони мають частоту 2–6 Гц і обумовлені рухом транспортних засобів. При цьому спостерігаються і гармоніки, притаманні промисловій частоті.

Робота [3] присвячена дослідженню змін міського техногенного магнітного шуму у просторі та часі. Зокрема встановлено, що постійне магнітне поле має коливання з частотами 0,01–30 Гц спричинене рухом різних транспортних засобів, у тому числі і не на електричній тязі.

У роботі [4] закладено засади методів оцінки рівнів електромагнітних полів на електричному транспорті, але розглядається в основному тролейбусний транспорт, який через специфіку контактної мережі не створює магнітні поля критичних напруженостей. До того ж деякі положення, особливо щодо екранування таких полів тришаровим магнітним екраном, викликають сумніви.

Фактично на сьогодні не з'ясовані фактичні рівні електромагнітних полів на робочих місця працівників, що експлуатують електричний транспорт.

Такі дослідження можуть стати основою для розроблення та впровадження організаційно-технічних заходів із забезпечення електромагнітної безпеки працівників.

*Мета роботи* – дослідити фактичні рівні електромагнітних полів на робочих місцях експлуатаційників місцевого електричного транспорту та

визначити основні принципи підтримання електромагнітної обстановки на нормативному рівні.

Виходячи з того, що практично увесь міський електричний громадський транспорт живиться постійним електричним струмом, оцінювання абсолютних значень електромагнітних полів доцільно здійснювати за значеннями постійних складових. При цьому критичною є магнітна складова поля через те, що електричне поле будь-якої частоти і амплітуди у більшості виробничих умов повністю екранується металевими поверхнями та корпусами обладнання. Тому для контролю електромагнітної обстановки використовувався повірений магнітометр МТМ-01, призначений для вимірювання індукції постійного магнітного поля. Це також дасть можливість визначити вплив техногенного постійного магнітного поля на значення геомагнітного поля у конкретному місці. Реєстрація такого впливу обов'язкова через наявність нормативу щодо допустимих спотворень геомагнітного поля у виробничих умовах. Згідно з міжнародним нормативом [5] цей показник не може бути нижче за 20 мкТл (сумарне геомагнітне поле на широті Києва – 49,6 мкТл). Аналогічний національний норматив перебуває на стадії затвердження.

Вимірювання магнітного поля на робочих місцях водіїв тролейбусів показали, що значення магнітного поля коливається у межах 20–30 мкТл. При цьому режим руху практично не впливає на ці показники.

Більш складна картина спостерігається на робочих місцях водіїв трамваю. Вимірювання проводилися на прямолінійній ділянці швидкісного трамваю у м. Києві. Орієнтація приймальної антени була постійною (табл. 1).

Таблиця 1

***Зміна індукції магнітного поля під час руху трамваю***

Режим	Індукція магнітного поля В, мкТл	Примітки
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Зупинки	17	
	20	
	19	
	16	
	17	
	17	
Розгін/гальмування	130	Інверсія напрямку магнітного поля
	150	
	175	
	175	
	10	
	155	
	150	
	130	
120		

Продовження табл. 1

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Рух	20 23 22 22 35 20 21 20 45 60 20	Інверсія

Аналогічні вимірювання проведено у вагонах метрополітену для підземних станцій різної глибини залягання та на відкритих ділянках. Вимірювалась індукція магнітного поля під час зупинки (перша цифра у таблиці) і під час руху (табл. 2)

Таблиця 2

***Індукція магнітного поля у кабіні водія  
потягу метрополітену***

Станція	Індукція магнітного поля В, мкТл	Примітки
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Академгородок	40	Інверсія
	98	
	80	
	85	
	40	
	30	
Святошин	50	Інверсія
	55	
	40	
	130	
	60	
	50	
Шулявська	100	
	110	
	150	
	90	
	70	
	100	
Університет	60	
	70	
	100	
	90	
	120	
	180	

<i>I</i>	2	3
Арсенальна	60 100 130 120 90 80	
Дніпро	100 80 70 80 130 90	Інверсія
Гідропарк	40 70 80 130 100 120	Інверсія
Дарниця	90 100 80 70 60 110	Інверсія
Лісова	80 70	

Як видно з отриманих даних, значення магнітного поля змінюється під час руху транспортних засобів. При цьому змінюється не тільки абсолютне значення, а й напрямок магнітного поля. Однак такі зміни непередбачувані. Вірогідно вони залежать від феромагнітного оточення, наприклад, підземних і наземних інженерних мереж і споруд. Тому на підземних ділянках метрополітену інверсія майже не проявляється.

Результати свідчать, що поряд із понаднормативним зниженням стаціонарного магнітного поля у тролейбусах і трамваях спостерігаються його значні коливання та різке підвищення під час змінних режимів руху. Підвищення індукції стаціонарного магнітного поля (на відміну від зниження) не регламентуються. Але такі його швидкоплинні коливання не можна вважати задовільними з точки зору охорони праці.

Швидкість змін індукції магнітного поля така, що її реєстрація за допомогою звичайного приладу дуже складна, тому необхідна автоматизація цього процесу з отримання відповідного спектра коливань у просторі та часі.

Теоретичні міркування дозволяють зробити висновок, що зниження принаймні амплітуди коливання магнітного поля або його стабілізація на прийнятному рівні є можливим за допомогою використання магнітних поверхонь з великою швидкістю перемагнічування, але такою, щоб

коливання зовнішнього магнітного поля згладжувалися. Лабораторні дослідження з цього приводу свідчать про можливість реалізації такого підходу [6].

За великих амплітуд коливань, на нашу думку, потрібна автоматична система компенсації коливань магнітного поля зі зворотними зв'язками.

Така система робочих місць розглядається у [7], але за певних умов вона може бути адаптована до робочих місць рухомого складу електричного транспорту.

### *Висновки*

1. У всіх електричних транспортних засобах міського електричного транспорту спостерігається або наднормативне зниження стаціонарного магнітного поля, або його значне підвищення з коливаннями як за амплітудами, так і за спрямованістю.

2. Коливання магнітного поля під час руху транспортних засобів швидкоплинні та непередбачувані через їх залежність не тільки від режиму роботи електроприводу постійного струму, але й від феромагнітного оточення – інженерних мереж і споруд.

3. Для зниження коливання рівнів індукції магнітного поля доцільно використовувати магнітнотітлюючі поверхні для згладжування коливань, а за великих амплітуд поля – системи автоматичної компенсації.

### *Список літератури*

1. Птицына Н. Г. Естественные и техногенные низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья // Н. Г. Птицына, Д. Вилорези, Л. И. Дорман и др. // Успехи физических наук. – 1998. – Т. 168. – № 7. – С. 778–785.

2. Колесник А. Г. Электромагнитный фон городских территорий диапазона промышленной частоты / А. Г. Бородин и др. // Вестник Томского государственного университета. – 2007. – № 297. – С. 161–164.

3. Тягунов Д. С. Пространственно-временные характеристики городского техногенного шума в частотном диапазоне 0,001–30 Гц: автореф. канд. техн. наук: 25.00.10 / Тягунов Дмитрий Сергеевич. – Екатеринбург, 2012 – 20 с.

4. Лелюхин А. М. Разработка методов оценки электромагнитных полей на объектах транспорта: дисс. канд. техн. наук: 05.22.01 / Лелюхин Антон Михайлович. – М., 2010. – 85 с.

5. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM–2015 – [acting from July 2008]. – Germany: Institut für Baubiologie + Ökologie IBN, 2015. – 5 p.

6. Перельот Т. М. Моніторинг та нормалізація рівнів низькочастотних електромагнітних полів у виробничих умовах: дис. ...канд. техн. наук: 05.26.01/ Перельот Тетяна Миколаївна. – К., 2017. – 145 с.

7. Розов В. Ю. Оптимизация параметров систем компенсации стационарных искажений геомагнитного поля в помещениях / В. Ю. Розов, Д. Е. Пелевин, С. Ю. Реуцкий // Технічна електродинаміка. – 2009. – № 5. – С. 11–16.

*Дата подання статті до збірника 16.05.2017  
Рецензент – д-р техн. наук Глива В.А.*