

державних функцій від запланованих.

Практичне застосування моделі потребує визначення параметрів функціональних залежностей значень результативних показників від рівня забезпечення ресурсами. Необхідну інформаційну базу для здійснення статистичного аналізу містять щорічні звіти: про виконання паспортів бюджетних програм; про результати проведення державних закупівель.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Концепція розвитку системи управління державними фінансами, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 3 вересня 2012 р. № 633-р.

2. Закон України від 1 червня 2010 року № 2289-VI «Про здійснення державних закупівель із змінами і доповненнями».

3. Вопросы контроля государственных финансов в части оценки эффективности государственных закупок / *Хвостов А.А.* // Вестник АКСОР. – 2009. – №8. – С. 175–191.

4. Тезисы выступления Советника Министра экономического развития Российской Федерации О.В. Анчишкиной на конференции «94-ФЗ: как улучшить закон»

25 февраля 2010 г. // <http://www.economy.gov.ru>

5. *Дешко А.І., Слівак А.Є.* Система стратегічного управління соціальним та економічним розвитком України // Формування ринкових відносин в Україні: зб. наук. праць. Вип. 4. – К., 2008.

6. Порядок розроблення та виконання державних цільових програм, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 31 січня 2007 р. №106.

7. Методичні рекомендації щодо проведення оцінки економічної і соціальної ефективності виконання державних цільових програм, затверджені Наказом Міністерства економіки України від 24.06.2010 № 742.

8. Методичні рекомендації щодо порядку розроблення регіональних цільових програм, моніторингу та звітності про їх виконання, затверджені Наказом Міністерства економіки України від 04.12.2006 № 367.

9. Про паспорти бюджетних програм // Наказ Міністерства фінансів України від 29.12.2002 № 1098 (із змінами).

10. Загальні вимоги до визначення результативних показників бюджетної програми, затверджені Наказом Міністерства фінансів України від 10.12.2010 № 1536.

11. Методичні рекомендації щодо визначення результативних показників бюджетної програми, затверджені Наказом Міністерства фінансів України від 27.10.2009 № 1252.

УДК 620.9.004.18

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧА СВІТЛОДІОДНА СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ ВАГОНІВ МЕТРО



**В.Б. Корбут,**  
**М.Г. Ієвлев, канд. техн. наук,**  
**В.Г. Бутко**

**Актуальність проблеми.** У провідних країнах світу широко впроваджуються світлодіодні джерела світла, що дає змогу значно зменшувати витрати електроенергії на освітлення, скорочувати витрати на обладнання електромереж і освітлювальне обладнання, підвищувати екологічну безпеку. Нині в Україні також поширилося застосування світлодіодних систем освітлення в промисловості, на

транспорті, у комунальній сфері [1].

**Мета статті** – дослідження результатів розробки і впровадження енергозберігаючої світлодіодної системи освітлення вагонів Київського метрополітену.

**Виклад основного матеріалу.** На замовлення комунального підприємства «Київський метрополітен» Інститут проблем математичних машин і систем НАН України (ІПММС

НАН України) розробив енергозберігаючу світлодіодну систему освітлення вагонів метро моделей 81-717; 81-714, яка складається з світлодіодних модулів світильників і блоків живлення до них.

У березні 2010 р. це підприємство оголошило конкурс на здійснення модернізації систем освітлення вагонів метро моделей 81-717; 81-714 і їхніх модифікацій для Курєнівсько-Червоноармійської лінії. За технічним завданням освітлювальні світлодіодні модулі (ОСМ) мали бути замінені люмінесцентними лампами ЛБ-40 з напівпровідниковими перетворювачами живлення в світильниках для освітлення вагонів метро. При цьому споживання електроенергії всіма десятима світильниками вагона не повинно було перевищувати 300Вт при напрузі живлення 80В.

У конкурсі взяли участь шість організацій, у тому числі ІПММС. Кожен з учасників мав переобладнати один вагон ОСМ, використовуючи існуючу арматуру світильника. Під час дослідної експлуатації по кожному переобладнаному вагону періодично реєструвалися світлотехнічні, енергетичні й експлуатаційні параметри систем освітлення. Після цього в депо «Оболонь» комісією, що складалася з представників Київського метрополітену і учасників конкурсу, були проведені стаціонарні випробування систем освітлення дослідних вагонів. Результати випробувань відображені в «Протоколі результатів заміру струму, напруги й освітленості дослідних світлодіодних модулів мережі освітлення вагонів серії 81-717; 81-714 електродепо «Оболонь» від 12 листопада 2010 р. (рис. 1).

Отже, система освітлення, розроблена і виготовлена ІПММС, випереджає інші розробки за всіма показниками.

Монтаж нової конструкція ОСМ не потребує доробки штатного корпусу світильника.

У процесі виконання проекту було розроблено світильник для освітлення вагонів метрополітену серій 81-714, 81-717 (рис. 2).

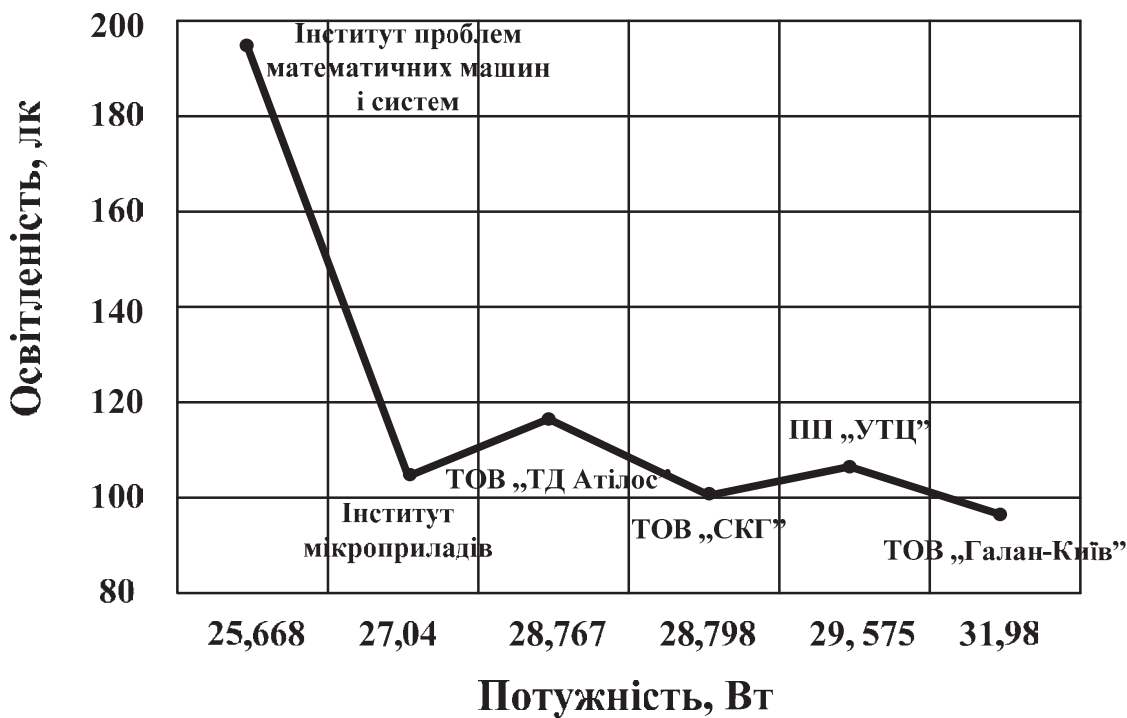
З корпусу світильника були видалені лю-

мінесцентні лампи, всі компоненти їхнього живлення і з'єднувальні дроти. Замість них встановлені два тепловідводи, виконані з алюмінієвого профілю. На кожному тепловідводі встановлено по 12 потужних світлодіодів виробництва фірми Cree й елементи безгвинтового підключення – клемники фірми WAGO. Тепловідводи кріпляться до корпусу комбінованими кутиками, одне плече яких виконане з алюмінію, а друге – із склотекстоліту.

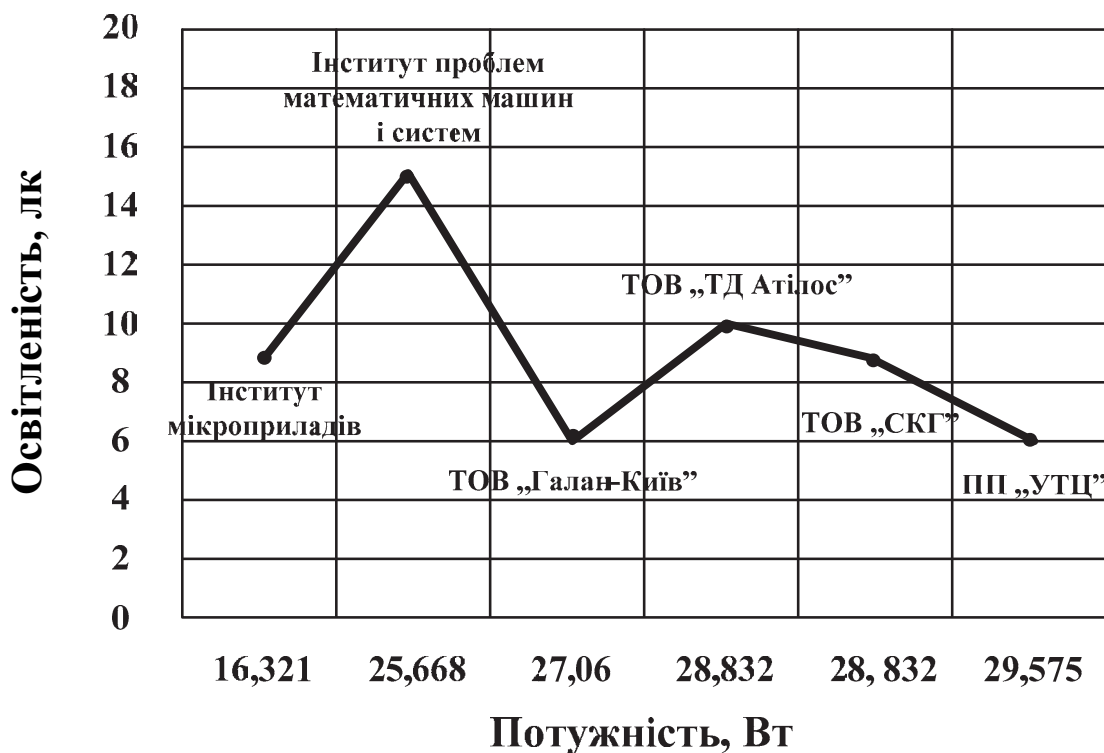
Це потрібно для того, щоб гальванічно розв'язати тепловідводи із світлодіодами від заземлення вагона. На дні корпусу розміщене джерело живлення, яке працює в режимі «стабілізований струм». Конструкція розрахована так, що всі її елементи кріпляться в корпусі без будь-яких його доробок. Під час монтажу світлодіодного світильника немає потреби знімати корпус з місця його установки. Ці особливості розробленої конструкції дають можливість значно скоротити час для заміни люмінесцентних ламп на світлодіодні модулі.

Нині на вітчизняному ринку пропонуються світлодіоди всіх відомих фірм, зокрема: Osram, Philips Lumiled, Edison Opto, Cree тощо. Маючи майже однакові світлові параметри, вони відрізняються суто електричними параметрами, а саме: споживана потужність; пряме падіння напруги  $U_F$  при нормованому прямому струмі  $I_F$  (у технічній документації виробників  $I_F = 350 \text{ mA}$ ); максимальна робоча температура і тепловий опір – на межі кристал-тепловідвід. Гарантований строк безвідмовної роботи світлодіодів орієнтовно 100 тис. годин.

Отже, основні вимоги до світлодіодів для освітлювальних приладів такі: найбільша ефективність лм/Вт при прямому струмі 350 мА; найменше пряме падіння напруги; найвища робоча температура; найменший тепловий опір; мінімальна ціна люмена; а в деяких випадках – максимальний прямий струм, при якому може працювати світлодіод. Слід зазначити, що світлодіоди з найбільшою ефективністю мають найвищу ціну люмена.



*a*



*б*

Рис. 1. Графіки залежності рівня освітленості від потужності одного світильника: а – основне і аварійне освітлення; б – аварійне освітлення

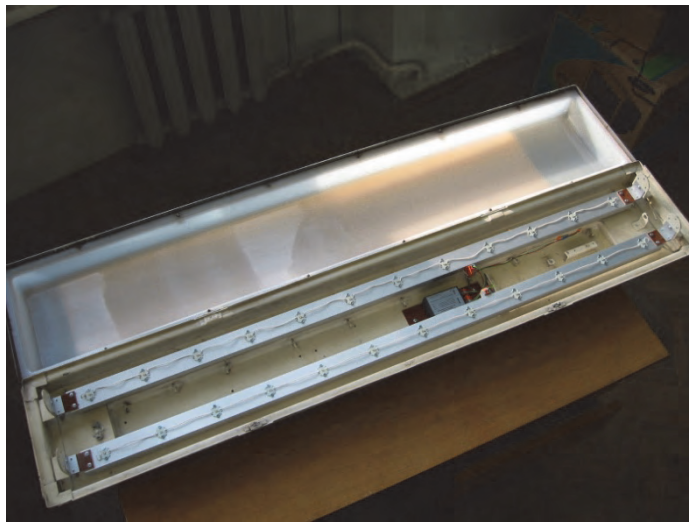


Рис. 2. Внутрішній вигляд світильника для освітлення вагонів метрополітену

Тому іноді вигідніше використати в освітлювальному приладі більше менш ефективних, але дешевших світлодіодів, замість меншої кількості більш ефективних, але значно дорожчих.

При порівнянні ціна люмена виявилася найнижчою у фірми Cree, а світлодіоди цієї фірми мають прийнятну ефективність (114–120 лм/Вт); пряме падіння напруги 3 В при струмі 350 мА; високу робочу температуру і низький тепловий опір [2].

Саме тому на світлодіодах фірми Cree був реалізований проект системи освітлення вагонів моделей 81-714; 81-717. Використання світлодіодів з колірною температурою 4300 К (нейтральні білі) дало змогу отримати приємне для очей освітлення вагона.

У процесі розробки цього проекту було прийнято рішення використовувати в кожному світильнику індивідуальне джерело живлення з можливістю регулювання струму через світлодіоди. Для цього були розроблені, виготовлені й випробувані дослідні зразки, після чого у схему і друковану плату джерела живлення були внесені необхідні зміни. Була виготовлена невелика партія джерел живлення, які були встановлені в світильниках дослідного вагона. Ці джерела живлення виявилися дуже надійними приладами (рис. 3). Достатньо відмітити, що за більш ніж дворічний термін експлуатації дослідного вагона не було жодної відмови системи освітлення, виконаної на ОСМ і джерелах живлення розробки ІПММС (рис. 4).

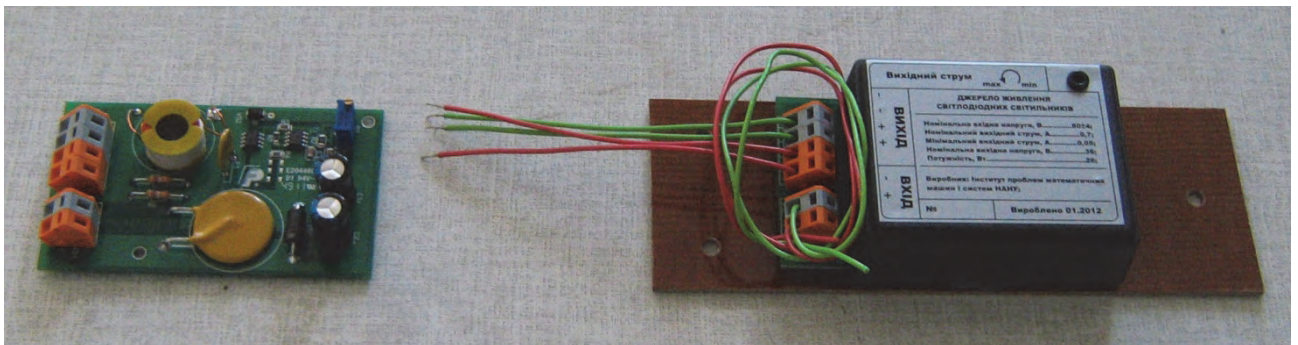


Рис. 3. Джерело живлення ОСМ



**Рис.4. Загальний вигляд модернізованого вагона серії 81-717**

У липні 2011 р. КП «Київський метрополітен» оголосив тендер із закупівлі енергозберігаючих світлодіодних систем освітлення вагонів метро 81-714; 81-717 і їхніх модифікацій.

Умовами тендеру передбачалося надання учасниками висновку стосовно того, що запропонована система освітлення відповідає санітарним нормам і може бути використана у вагонах метрополітену. У зв'язку з цим ІПММС НАН України спільно з Інститутом медицини праці АМН України [3], здійснив дослідження параметрів енергозберігаючих світлодіодних модулів і блоків живлення до них освітлення вагонів метро (призначених

для заміни люмінесцентних ламп у світильниках вагонів) на відповідність санітарним нормам України.

Дослідження проводились в електродепо «Оболонь» на діючій системі освітлення вагона метро, розробленій ІПММС, що складається з десяти світильників з енергозберігаючими світлодіодними модулями. При цьому були використані такі контрольно-вимірювальна апаратура і обладнання: фотометр цифровий ТЕС 0693; термометр кульовий «Тензор-41»; дозиметр енергетичної освітленості «Тензор-51»; пірометр МХ-2. Результати вимірювань наведені в таблиці.

Інститутом медицини праці АМН України

Параметр вимірювання	Відстань, м	Результати вимірювань					Нормовані значення
		T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	
Освітленість, Лк	На рівні очей	230	230	196	200	230	150
	Згідно з ТЗ*	150	159	138	142	159	
Видиме випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	На рівні очей	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	3,0
	Згідно з ТЗ*	0,8	0,8	0,6	0,6	0,8	
Яскравість, Кд/м <sup>2</sup>	На рівні очей	1940	1940	1900	1900	1950	5·10 <sup>5</sup>
	Згідно з ТЗ*	1070	1070	1000	1070	1070	
Температура на поверхні світильника, °С	На поверхні приладу	20,8-20,9	20,8-20,9	20,8-20,9	20,8-20,9	20,8-20,9	45

\*Відповідно до технічного завдання (ТЗ) світильники основного освітлення повинні забезпечувати освітленість вагонів метрополітену на рівні 0,8 м від підлоги та на відстані 0,6 м від спинки сидіння  $110 \pm 10$  Лк.

зроблено такі висновки: «За результатами випробувань енергозберігаючі світлодіодні модулі та блоки живлення до них освітлення вагонів метро (призначених для заміни люмінесцентних ламп у світильниках освітлення вагонів метрополітену) відповідають вимогам діючого санітарного Законодавства України і можуть бути використані в заявленій сфері застосування».

У листопаді 2011 р. були опубліковані результати тендеру на закупівлю ОСМ з джерелами живлення для обладнання 50 вагонів вищеназваних серій, в якому переможцем виявився Інститут проблем математичних машин і систем НАН України. Протягом чотирьох наступних місяців було виготовлено майже 1000 світлодіодних модулів і майже 500 джерел живлення до них. Енергозберігаючими світлодіодними системами освітлення, розробленими і виготовленими ІПММС, переобладнані 50 вагонів Куренівсько-Червоноармійської лінії Київського метрополітену.

## Висновки

За результатами експлуатації встановлено, що в разі використання світлодіодних систем замість стандартних систем освітлення з люмінесцентними світильниками, споживання електроенергії зменшується в 3,5 раза, а освітленість збільшується більше ніж у 1,5 раза.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Захаренко О.О. Освітимо Україну по-новому. Техніко-економічна ефективність впровадження світлодіодних світильників / О.О. Захаренко, В.Г. Чернишов, О.Є. Коротинський, А.О. Свириденко // Колега. – 2010. – №2. – С. 16–21.
2. Мельниченко А.Ф. Светодиоды Cree XLamp XB-D и XT-E – новый шаг на пути к светодиодному освещению / А.Ф. Мельниченко // Электронные компоненты и системы. – 2012. – №1(173). – С. 31–33.
3. Мартиросова В.Г. Исследование влияния излучения светодиодных источников света на некоторые основные системы организма / В.Г. Мартиросова, В.И. Назаренко, В.М. Сорокин, А.Д. Галинский // Світло люкс. – 2011. – №2. – С. 36–43.