

О. С. Свістунів,
к. е. н., директор, ТОВ "Інтер-приват", м. Київ

ПЕРЕХІД УКРАЇНСЬКИХ ТОВАРОВИРОБНИКІВ НА ТЕХНОЛОГІЇ LED ОСВІТЛЕННЯ ЯК СУТТЄВИЙ ЧИННИК ЗРОСТАННЯ ВВП УКРАЇНИ

O. Svistunov,
PhD, Director of "Inter-private", Kyiv

THE TRANSITION OF UKRAINIAN PRODUCERS TO LED LIGHTING TECHNOLOGIES
AS AN ESSENTIAL FACTOR OF UKRAINE GDP INCREASE

У статті з'ясовано можливості переходу українських товаровиробників на технології LED освітлення як суттєвого чинника зростання ВВП України. Перелічено основні фактори, що впливають на споживання енергії освітлювальної установки та описано основний потенціал енергозбереження в освітлювальних установках, що лежить у підвищенні ефективності перетворення електричної енергії в світло. Описано дві альтернативи лампам розжарювання, а саме: люмінесцентні і світлодіодні. Виокремлено переваги використання світлодіодних ламп для промислових підприємств в Україні. Проаналізовано динаміку ВВП та споживання електроенергії промисловими підприємствами України впродовж 2011–2015 років та здійснено прогнозування зростання ВВП в Україні за допомогою застосування LED-освітлення промисловими підприємствами на 2017–2020 роки.

The article revealed the possibility of Ukrainian producers' transition to LED lighting technology as an essential factor of Ukraine GDP increase. There are determined the main factors that affect the energy consumption of lighting installations and described the main potential of energy savings in lighting installations, which lies in increasing conversion efficiency of electrical energy into light. We describe two alternatives to incandescent lamps such as fluorescent and LED. There are determined the benefits of using LED lamps for industrial enterprises in Ukraine. The dynamics of GDP and electricity consumption by industrial enterprises of Ukraine during 2011–2015 years is analyzed. There is made the forecast of GDP increase in Ukraine due to the use of LED-lighting industry in 2017–2020 years.

*Ключові слова: енергозбереження, електричне освітлення, світлодіодні лампи, LED-технології.
Key words: energy efficiency, electric lighting, LED bulbs, LED-technology.*

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У сучасному світі все більше постає питання економії ресурсів, поступове зменшення яких вимагає термінової зміни відношення до споживання енергії. В умовах, у яких опинилася наша держава сьогодні, коли відбулося падіння національної валюти, підняття тарифів на енергоресурси та різке збідніння народу, а відносини з Росією, як одним з головних постачальників енергоресурсів суттєво погіршилися у зв'язку з анексією Криму та воєнними діями на Сході України, слід неодмінно переходити на альтернативні джерела енергії, особливо електричної. Найактуальнішим і найбільш економічним видом електрич-

ної енергії сьогодні є технології LED освітлення, яким і буде присвячене наше наукове дослідження.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Серед науковців, що досліджували технології LED освітлення протягом останніх років можна виокремити таких, як Аблецов О.О., Ажнакін С.Г., Єгорова О.Ю., Маляренко В.А., Сафронова О.О., Сорокін В.М. та інші. Проте станом на сьогодні не дослідженим є вплив застосування LED освітлення промисловими підприємствами на зростання ВВП, що і слугувало мотивом вибору теми наукової статті.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є з'ясування можливостей переходу українських товаровиробників на технології LED освітлення як суттєвого чинника зростання ВВП України.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Визнання енергозбереження як однієї з основних засад реалізації державної енергетичної політики є на сьогодні загальним для всіх розвинених країн світу. Реалізація програм підвищення ефективності використання енергоресурсів у промисловості та активна популяризація заходів енергозбереження серед населення дозволили значно скоротити споживання енергоресурсів у країнах ЄС. У той же час стан енергетичної безпеки України оцінюється як далекий від оптимального. Для оцінки економічної ефективності енергозберігаючих заходів в Україні використовуються наступні показники: на рівні держави — величина зниження енергоємності ВВП, на регіональному (обласному) рівні — величина зниження енергоємності ВДВ, на рівні підприємства — величина економії ПЕР. Максимізація зазначених показників на кожному рівні є критерієм оптимального вибору енергозберігаючих технологій. Зазначена оцінка не враховує такі показники впровадження енергозберігаючої технології, як зниження техногенного навантаження на навколишнє природне середовище при забезпеченні максимального психологічного і фізіологічного комфорту людини, що перебуває в цьому середовищі. Зазначимо, що якщо проблемам теплозбереження за рахунок використання при будівництві теплозберігаючих огорожуючих конструкцій, установок двокамерних теплозберігаючих вікон з добре ізольованими профілями, вентиляційних установок з високоефективною рекуперацією тепла, приділяється досить багато уваги і саме ці параметри будівель враховуються при аудиті їх енергоефективності, як у країнах ЄС, так і в Україні, то науково обгрунтована база впровадження сучасних систем освітлення, як ефективних засобів енергозбереження, тільки формується [7].

Основний потенціал енергозбереження в освітлювальних установках лежить у підвищенні ефективності перетворення електричної енергії в світлову. Основні фактори, що впливають на споживання енергії освітлювальної установки [6]:

- проект схеми освітлення;
- зовнішній вигляд і облицювання;
- світлова віддача лампи;
- ефективність світильника;
- правильне використання вимикачів і регуляторів;
- вибір схеми розміщення світильників;
- автоматичне регулювання освітлення;
- чистота приміщення.

Високий рівень пріоритетності вирішення завдань щодо підвищення енергоефективності обумовлений наступними факторами [1]:

— кількість ресурсів (у тому складі енергоресурсів) не тільки в країні, але й на планеті обмежено, і, отже, з кожним роком вони будуть обходитися дорожче;

— спостерігається тенденція в промисловій політиці високорозвинених країн щодо зниження енерговитрат і кількості споживаної енергії, перехід на альтернативні джерела енергії;

— існуюча небезпека відсутності енергетичної самодостатності і енергонезалежності розвитку країни та залежності при використанні зовнішніх енергоносіїв.

На даний момент у системах освітлення широко використовуються лампи розжарення (ЛР) і газорозрядні лампи (ГЛ), які мають ряд недоліків несумісних із сучасними потребами. Так, ККД ЛР сягає лише 20%, 80% — нагріває повітря, а ГЛ у свою чергу псують якість електричної енергії через низький коефіцієнт потужності $\cos\phi$. З приводу цього ряд провідних країн світу на законодавчому рівні приймають рішення про заборону виробництва та продажу ламп розжарювання [6].

Щодо нашої країни, то розроблено програму, яка була затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 09.07.2008 № 632 та ставила за мету розроблення й організацію виробництва світлодіодних освітлювальних приладів для значного зменшення витрат електроенергії на освітлення, підвищення його якості, зниження рівня забруднення навколишнього природного середовища. Програма містить 4 розділи, пов'язані з розробленням нових матеріалів, технологій, світлотехнічних приладів та організацією їх виробництва. Наприкінці 2011 р. до Програми було внесено зміни, які передбачали реалізацію пілотних проектів з впровадження енергозберігаючих світлодіодних джерел світла (освітлення вулиць у великих містах України, автомагістралей, об'єктів ЖКГ, будівель бюджетних установ, промислових об'єктів, станцій метрополітенів, художньо-декоративне підсвічування будинків, пам'ятників та архітектурних споруд) та організаційне забезпечення впровадження світлодіодної освітлювальної техніки (створення НАК "Укрсвітлолізинг" для допомоги підприємствам і установам у реалізації проектів з упровадження світлодіодних освітлювальних систем, підрозділу при Інституті фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова для підвищення рівня підготовки фахівців у галузі напівпровідникової світлотехніки, Центру діагностики та сертифікації світлодіодної освітлювальної техніки при цьому ж Інституті; розроблення національних стандартів на світлодіодну техніку) [8, с. 81—82].

Відмінною особливістю електричної енергії є нерозривність процесів виробництва, розподілу та споживання електроенергії. Виходячи з того, що електрична енергія використовується різними по режиму роботи приймачами режим її виробництва та споживання характеризується крайньою нерівномірністю. На даному етапі покриття дефіциту електричної енергії стає актуальною проблемою, яка вирішується в рамках концепцій енергозбереження. Мотивом до активного пошуку енергозберігаючих технологій є постійно зростаюче підвищення собівартості електричної енергії і погіршення екологічної ситуації [5, с. 180].

Відомо, що сьогодні найбільш поширеними для освітлення приміщень є лампи розжарювання. Проте практика їх застосування показує, що вони не тільки затратні у фінансовому плані, а й екологічному.

На сьогодні існують дві альтернативи лампам розжарювання: люмінесцентні (звичайні й компактні) і світлодіодні [4, с. 153]:

— люмінесцентна лампа — газорозрядне джерело світла, світловий потік якого визначається в основному світінням люмінофорів під впливом ультрафіолетового

Таблиця 1. Переваги використання світлодіодних ламп для промислових підприємств в Україні

№ з/п	Перевага	Значення переваги
1	Робота при низьких температурах	Завдяки напівпровідниковій природі світлодіодів їхня яскравість зворотно пропорційна температурі навколишнього середовища, що робить їхнє застосування особливо актуальним у наших кліматичних умовах. Діапазон С° температури експлуатації світлодіодів від -50...+60
2	Висока світловіддача	Яскравість білих світлодіодів сьогодні досягає 130лм/Вт у серійному випуску й до 200лм/Вт у лабораторних умовах, а в теорії до 270лм/Вт. Якщо порівнювати: звичайна лампа розжарювання дає до 10лм/Вт спожитої енергії
3	Чистота кольорів	Можливість одержання будь-яких кольорів і відтінків випромінювання світлодіодів: наприклад, чисті сині, чисті білі, жовтогарячі, синьо-зелені і десятки інших чистих кольорів і відтінків – чого не можна одержати, використовуючи лампи розжарювання
4	Високий рівень безпеки	Забезпечується малим тепловиділенням світлодіодів і низькою живлячою напругою, що дає можливість їхнього використання під водою (для підсвічування фонтанів, басейнів, акваріумів), в умовах з високими вимогами до вибухозахищеності й інших спеціальних умов застосування
5	Спрямованість випромінювання	Випускаються різноманітні модифікації світлодіодів по спрямованості світла з кутами розсіювання світлового потоку від 10 до 140 градусів. Тому конструкція світлодіодів і світильників не вимагає спеціальних відбивачів або розсіювачів
6	Відсутність ртуті й інших отруйних речовин	Сприяє дбайливого відношенню до навколишнього середовища, яке є складовою сталого розвитку як підприємств, так і країни в цілому
7	Економічність	Якщо будуть здійснені всі прогнози, пов'язані з дослідженнями й розробками білих світлодіодів, то витрати на електроенергію для освітлення зменшаться приблизно у два рази

Джерело: складено та доповнено автором на основі [4, с. 155].

випромінювання розряду; видиме випромінювання освітлення, при цьому їхня світлова віддача й термін служби в кілька разів довше, ніж у ламп розжарювання того ж призначення. Найпоширенішим різновидом подібних джерел є ртутна люмінесцентна лампа. Вона являє собою скляну трубку, заповнену парами ртуті, з нанесеним на внутрішню поверхню шаром люмінофора;

— світлодіоди. Основу світлодіода (Light Emitting Diode, або LED) становить штучний напівпровідниковий кристалик розміром 0,3 × 0,3 мм, у якому реалізовано р-п-перехід. Кольори світіння залежать від матеріалу кристалика. Так, червоні й жовті світлодіоди, як правило, виготовляють на основі арсеніду галію, зелені й сині — на галій-нітрідній основі. Посилення світіння досягають різними засобами. В одних випадках до складу кристалика вводять спеціальні добавки й присадки, у інших — застосовують багат шарові структури, що дозволяє реалізувати в одному кристалику відразу кілька р-п-переходів, збільшивши тим самим яскравість його світіння. Кристалик "саджають" у металеву поліровану чашечку (мідну або алюмінієву), що є відбивачем і "катодом" (-). До самого кристалика "приварюють" золоту нитку-"анод" (+). Потім всю конструкцію заливають прозорим компаундом, якому надають певну форму (назвемо це колбою). Від неї залежить кут випромінювання світла, що випускає кристалик. Якщо верх колби пліскакий, світло виходить широким пучком (кут становить 120—130°). Якщо верх опуклий, виходить лінза, що збирає світло в більш вузький пучок (кут 8—60°). Чим менше кут випромінювання, тим більш інтенсивний світловий потік дає кристал. Випускаються світлодіоди різних кольорів: червоного, жовтого, зеленого, синього, синьо-зеленого і білого, причому білий з недавніх пір буває декількох відтінків (холодного, теплого, "сонячного" і т.д.).

Світлодіодні лампи мають ряд переваг над лампами розжарювання та люмінесцентними.

З огляду на реалізацію державної політики у сфері енергозбереження та необхідність зниження витрат електроенергії на освітлення, основною характеристи-

кою будь-яких джерел світла та освітлювальних систем є їх енергоефективність. Так, для порівняння: ефективність традиційних ламп розжарювання становить 10—12 лм/Вт, газорозрядних люмінесцентних — до 80 лм/Вт, світлодіодних — 90—130 лм/Вт. Ефективність окремих світлодіодів досягла сьогодні 150—180 лм/Вт. Про бурхливий розвиток світлодіодної техніки яскраво свідчить той факт, що в 2013 р. японські вчені повідомили, що завдяки новим конструктивним і технологічним рішенням їм вдалося досягти рекордної ефективності світлодіода — 265 лм/Вт. При цьому, за оцінками науковців, фізична межа ефективності становить 300 лм/Вт [8, с. 82].

Світлодіодні джерела світла по своєму устрою є спрямованими і випромінюють світло тільки в потрібному напрямі. У зв'язку з цим такі світильники зі вбудованою оптикою і керуванням фокусування можуть направляти світло на цільові освітлювані об'єкти ефективніше, ніж люмінесцентні лампи і лампи розжарювання, які випромінюють світло у всіх напрямках. Значна кількість світла, що випромінюється люмінесцентною лампою або лампою розжарювання, втрачається у світильнику або загорджується його деталями, частково поглинається лампою або випромінюється в непотрібному напрямі. У деяких типів світлових приладів (таких, як стельові світильники, направленої вниз світла, вбудовані світильники світла, що відбивається і світильники для установки під навісними шафами) від 40 до 50% світлового потоку, що випромінюється лампою, втрачається до того, як світло виходить за межі світильника [7].

Переваги використання світлодіодних ламп для промислових підприємств в Україні подано у таблиці 1.

Таким чином, як помітно з таблиці 1, серед переваг, якими володіють світлодіодні лампи і робота при низьких температурах, і висока світловіддача, і чистота кольорів, і високий рівень безпеки, і спрямованість випромінювання, і відсутність ртуті й інших отруйних речовин, і чи не найголовніше, що стосується економіки промислових підприємств і країни в цілому — економічність.

Таблиця 2. Динаміка ВВП та споживання електроенергії промисловими підприємствами України впродовж 2011–2015 років

Показник	Роки					Відхилення 2015-2011, +/-
	2011	2012	2013	2014	2015	
Валовий внутрішній продукт, млн грн.	1299991	1404669	1465198	1586915	1979458	679467
Споживання електроенергії промисловими підприємствами, ГВт-год	63105	63101	58584	58482	57789	-5316
Споживання електроенергії промисловими підприємствами і на освітлення приміщень, ГВт-год	12305,48	11926,09	11306,71	11754,88	11731,17	-574,31
Частка споживання електроенергії промисловими підприємствами і на освітлення приміщень, %	19,5	18,9	19,3	20,1	20,3	0,8
Споживання електроенергії промисловими підприємствами і на освітлення приміщень за допомогою використання світлодіодних ламп, ГВт-год*	652,1904	632,0828	599,2556	623,0086	621,752	-30,4384

Примітка: * — розраховане значення за умови переходу українських промислових підприємств на світлодіодні світильники.
Джерело: складено автором на основі [2; 3].

Якість світла білих світлодіодів порівнянна з якістю світла розрядних ламп високого тиску і люмінесцентних ламп. Останні досягнення в області виробництва світлодіодів забезпечують постійність кольору і колірну температуру, еквівалентні або перевершуючі ці характеристики у традиційних джерел світла. Так, по своїй здатності точно передавати кольори білі світлодіоди наближаються до традиційних джерел світла, а часто і перевершують їх [7].

Сучасні тенденції впровадження світлодіодного освітлення спрямовані передусім на поступову заміну всіх наявних в Україні освітлювальних приладів на основі ламп розжарювання та газорозрядних джерел світла на світлодіодні джерела світла, яким притаманні

висока надійність і енергоефективність, компактність, відсутність ртуті у своєму складі та високі ергономічні властивості. Розрахунки свідчать, що заміна 5 млн ламп розжарювання потужністю 100 Вт на світлодіодні лампи потужністю 5 Вт у разі 10-годинної роботи на добу дає економію електроенергії 1,73 млрд кВт-год на рік. За сучасного тарифу для багатьох організацій і підприємств 1,2 грн./кВт-год економія становить 2,1 млрд грн. на рік [8, с. 81].

Отже, проаналізуємо деякі цифри щодо споживання електроенергії промисловим сектором України, зокрема на освітлення приміщень (табл. 2).

Отже, як ми бачимо з таблиці 2, споживання електроенергії на освітлення приміщень промисловими

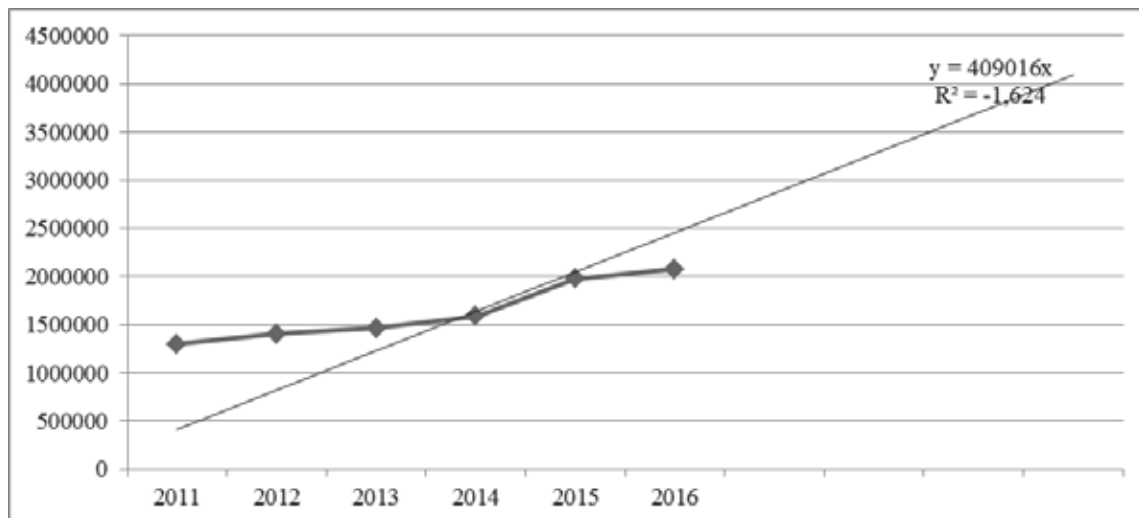


Рис. 1. Прогноз зростання ВВП в Україні за допомогою застосування LED освітлення промисловими підприємствами на 2017–2020 роки, млн грн.

Джерело: власна розробка автора.

підприємствами України у 2011 році становило 12305,48 ГВт·год, що становило 19,5% від всього використання ними електроенергії, а у 2015 році зменшилося до 11731,17 ГВт·год, що становило 20,3% від всього споживання електроенергії.

Таким чином, з метою економії електроенергії на освітлення приміщень необхідно провідним промисловим підприємствам, які займають ліву частку у забезпеченні зростання ВВП, у свою діяльність запровадити технології LED освітлення.

Оскільки споживана потужність світильника з лампою розжарення становить 75 Вт, а світлодіодного світильника 4 Вт, то економія електроенергії становить 94,7%. Таким чином, при освітленні приміщень промислових підприємств світлодіодними лампами у 2011 році споживання електроенергії становило би 652,2 ГВт·год, а у 2015 році — 621,7 ГВт·год.

При такому скороченні підприємства могли б досягти більшої рентабельності, що необхідно вплинуло б на зростання ВВП в Україні.

Таким чином, ми можемо припустити, що при переході ТОП-100 українських промислових підприємств у 2016 році на технології LED освітлення, ВВП зросте цього ж року на 5% порівняно з 2015 роком і становитиме 2078431 млн грн.

За допомогою рівняння лінії тренда здійснимо прогноз зростання ВВП в Україні на 2017—2020 роки (рис. 1).

Отже, за допомогою рівняння лінії тренда ми отримали наступне рівняння лінії тренда:

$$Y=40901 \cdot X \quad (1),$$

де y — прогнозне значення у певному році, а x — порядковий номер року у загальній динаміці.

Таким чином, знайдемо прогнозні значення для 2017—2020 років.

$$2017 \text{ рік} = 40901 \cdot 7 = 286307 \text{ млн грн.}$$

$$2018 \text{ рік} = 40901 \cdot 8 = 327208 \text{ млн грн.}$$

$$2019 \text{ рік} = 40901 \cdot 9 = 368109 \text{ млн грн.}$$

$$2020 \text{ рік} = 40901 \cdot 10 = 409010 \text{ млн грн.}$$

Отже, при переході ТОП-100 українських промислових підприємств у 2016 році на технології LED освітлення, ВВП до 2020 року зросте до 409010 млн грн.

ВИСНОВКИ

Як показало наше дослідження, світлодіодні технології освітлення приміщень є найбільш доцільними і плані економії енергоресурсів та охорони навколишнього природного середовища. На нашу думку, при приділенні більшої уваги зі сторони державних органів цього виду енергозберігаючих технологій, не тільки стосовно їх встановлення на промислових підприємствах, а й у бюджетних установах і житловому секторі. В Україні скоротилося б споживання електроенергії на освітлення більш ніж на 90%, що б значно покращило економічні показники по всій країні.

Наше дослідження показало, що при переході тільки ТОП-100 українських промислових підприємств на технології LED освітлення до 2020 року ВВП зросте до 409010 млн грн.

Таким чином, державна політика енергозбереження повинна реалізовуватися з врахуванням технологій LED освітлення.

Література:

1. Ажнакін С.Г. Проблеми енергозбереження та енергоефективності діяльності електроенергетичних підприємств [Електронний ресурс] / С.Г. Ажнакін / Економічні інновації. — 2013. — Вип. 55. — С. 9—22.

2. Валовий внутрішній продукт у фактичних цінах [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

3. Енергетичний баланс України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

4. Єгорова О.Ю. Перспективи використання світлодіодних джерел світла / О.Ю. Єгорова, О.О. Аблецов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних сил. — 2010. — Вип. 3. — С. 152—156

5. Маляренко В.А. Регулювання електроспоживання та проблеми ресурсо-, енергозбереження [Електронний ресурс] / В.А. Маляренко, І.Є. Щербак // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. — 2013. — Вип. 4. — С. 180—184.

6. Проблеми енергозбереження в освітлювальних системах [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/5901/1/07.pdf>

7. Сафронова О.О. Альтернативні методи освітлення в контексті вирішення питання підвищення енергоефективності інтер'єрного простору ВНЗ / О.О. Сафронова // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. — 2013. — № 6. — С. 166—174.

8. Сорокін В.М. Світлодіодному освітленню — зелене світло / В.М. Сорокін // Вісник Національної академії наук України. — 2014. — № 5. — С. 81—84.

References:

1. Azhnakin, S.H. (2013), "Problems of energy saving and energy efficiency of electric power enterprises", *Ekonomichni innovatsii*, vol. 55, pp. 9—22.

2. State Statistics Service of Ukraine (2016), "Gross domestic product at current prices", available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 20 March 2016).

3. State Statistics Service of Ukraine (2016), "The energy balance of Ukraine", available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 20 March 2016).

4. Yehorova, O.Yu. (2010), "Prospects for the use of LED light sources", *Zbirnyk naukovykh prats' Khar'kivs'koho universytetu Povitrianykh syl*, vol. 3, pp. 152—156.

5. Maliarenko, V.A. (2013), "Adjust power consumption and resource issues, energy", *Enerhoefektyvnist' v budivnytstvi ta arkhitekturi*, vol. 4, pp. 180—184.

6. Tsiurpita, O. (2009), "The problems of energy saving in lighting systems", available at: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/5901/1/07.pdf> (Accessed 20 March 2016).

7. Safronova, O.O. (2013), "Alternative lighting in the context of the issue of energy efficiency of interior space university", *Visnyk Kyivs'koho natsional'noho universytetu tekhnolohij ta dyzajnu*, vol. 6, pp. 166—174.

8. Sorokin, V.M. (2014), "LED lighting — green light", *Visnyk Natsional'noi akademii nauk Ukrainy*, vol. 5, pp. 81—84.

Стаття надійшла до редакції 07.04.2016 р.