

УДК 621.32

КОВАЛЬ В. П., кандидат технічних наук, e-mail: koval\_yp@ukr.net

ТАРАСЕНКО М. Г., доктор технічних наук, доцент

КОЦЮРКО Р. В., аспірант

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

## СВІТЛОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ЗАМІНИ ЛАМП РОЗЖАРЕННЯ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ДЖЕРЕЛА СВІТЛА

*Разработана и изготовлена автоматизированная измерительная установка для измерения освещенности на рабочей поверхности. Проведены экспериментальные исследования светотехнических характеристик световых приборов местного освещения с параболическим концентратором после замены в них ламп накаливания на более энергоэффективные. Сделаны выводы о влиянии такой замены на кривые силы света и освещенность на рабочей поверхности.*

**Ключевые слова:** освещенность, светодиодная лампа, компактная люминесцентная лампа, лампа накаливания, кривая силы света.

*Розроблено та виготовлено автоматизовану вимірвальну установку для вимірювання освітленості на робочій поверхні. Проведено експериментальні дослідження світлотехнічних характеристик світлових приладів місцевого освітлення з параболическим концентратором після заміни в них ламп розжарення на більш енергоефективні. Зроблено висновки щодо впливу такої заміни на криві сили світла та освітленість на робочій поверхні.*

**Ключові слова:** освітленість, світлодіодна лампа, компактна люмінесцентна лампа, лампа розжарення, крива сили світла.

### Постановка проблеми в загальному вигляді

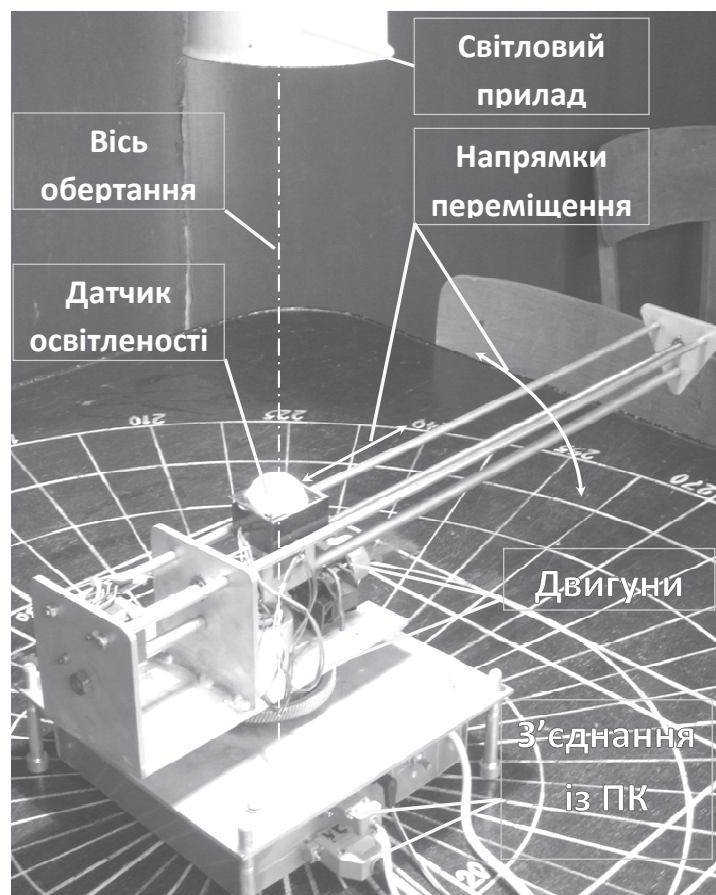
Рекламні кампанії фірм виробників стверджують, що застосування компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ) замість ламп розжарення (ЛР) призводить до економії електроенергії, а значить, і до економії коштів по утриманню та експлуатації освітлювальних установок [1]. З точки зору споживання електроенергії, то це відповідає дійсності [2]. Проте така заміна ламп впливає на комфортність діяльності людини в умовах освітлення «модернізованими» освітлювальними установками [3]. Як правило, з метою економії коштів енергоефективні лампи вмонтовують безпосередньо у ті світлові прилади (СП), де раніше працювали ЛР, забуваючи що їх оптична система розрахована на точкове джерело світла. Така примітивна дія може привести до зміни кривих сили світла (КСС) та невідповідності рівня освітлення нормам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Ці зміни можуть проявитися при застосуванні енергоефективних джерел світла для місцевого освітлення.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій** [4-7] показав, що в основному при заміні ЛР на більш енергоефективні до уваги приймають економічні та енергетичні показники ламп, основними з яких є споживана потужність, середня тривалість світіння та вартість. Аналоги ЛР вибираються відповідно до рекомендацій виробника або за світловим потоком, величина якого повинна бути вказана на упаковці. При цьому не враховуються такі експлуатаційні параметри як колірна температура, спад світлового потоку протягом експлуатації, розташування в просторі (останнє впливає на температурні режими драйвера та ПРА) та форма світлого тіла джерела світла [8].

Саме тому **метою даної статті** стало виявлення характеру зміни величини освітленості робочої поверхні від світильників місцевого освітлення при заміні в них ЛР на КЛЛ та світлодіодні джерела світла .

При дослідженні доцільності процесу прямої заміни ЛР на КЛЛ і світлодіодні лампи в світильниках місцевого освітлення необхідно провести значну кількість вимірювань рівня освітленості. Для зменшення похибки результатів вимірювання та фіксації можливих затінь густина точок, в яких вимірюється освітленість, повинна бути значною. Для проведення таких вимірювань люксометром вимагає значного часу. При цьому їх точність може бути піддана сумніву. Тому нами була розроблена та виготовлена автоматизована вимірювальна установка (АВУ), в якій передбачено автоматичне переміщення та фіксація датчиків вимірювання горизонтальної освітленості з наступним перетворенням у цифрову форму та передачею на персональний комп'ютер (мал. 1). Отримані дані після оброблення та систематизації відносно координат датчика представляються у табличному та графічному вигляді.

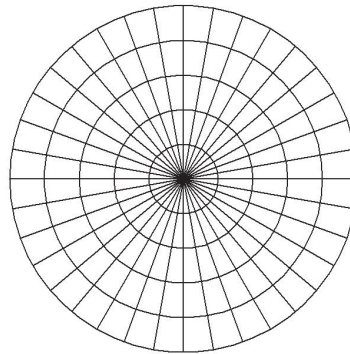
Похибка вимірювання подібного типу вимірювальних установок визначається в основному класом точності датчика освітленості та точністю його позиціонування. Саме тому для її підвищення у датчику освітленості використано перетворювач струм-напруга на основі операційного підсилювача, що дозволило вимірювати струм короткого замикання напівпровідникового фотоелементу, який прямо пропорційний величині освітленості. Сам датчик освітленості корегований під криву видимості людського ока [9].



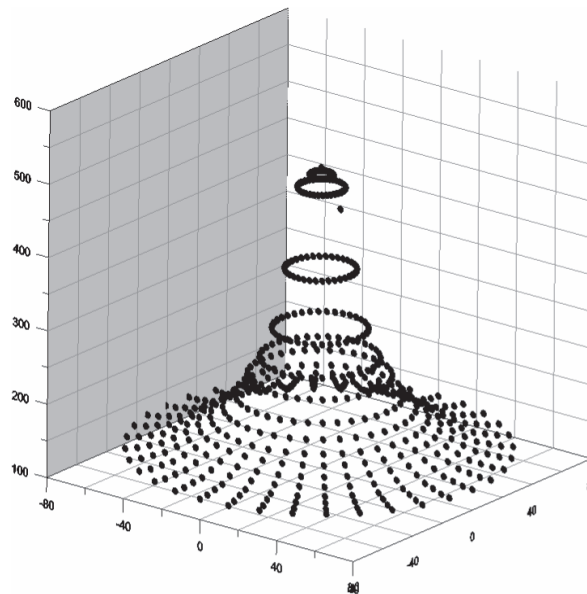
Мал. 1. Автоматизована вимірювальна установка в процесі вимірювання

Перед початком вимірювання АВУ (мал. 1) розташовують на вимірювальній поверхні таким чином, щоб сумістити вісь обертання рухомої системи установки, в якій знаходиться початкове положення датчика освітленості, з нормаллю, проведеною від оптичного центра світлового приладу до робочої поверхні. Як видно з мал.1, переміщення датчика освітленості здійснюється у радіальному (відцентровому) напрямку та навколо осі обертання, отже в полярній системі координат. Для приведення в дію рухомої системи використано крокові двигуни, які здійснюють позиціонування датчика освітленості з більшою точністю. Фіксування позиції датчика освітленості виконується відповідно до наперед заданої в

програмі координатної сітки (мал. 2). Вимірні дані систематизуються і зберігаються в табличній формі та представляються спостерігачу в зручному графічному вигляді (мал. 3).



Мал. 2. Розташування вимірвальних точок на горизонтальній поверхні



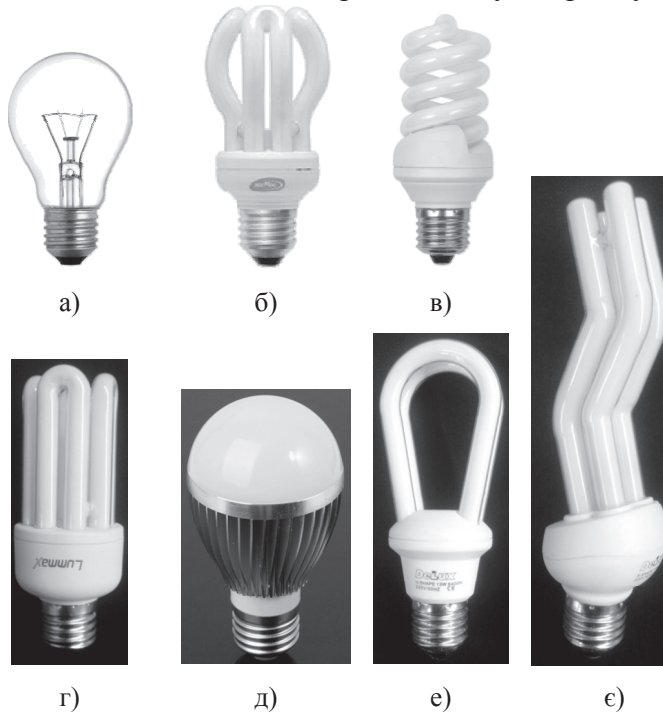
Мал.3. Розподіл освітленості на робочій поверхні від настільного світильника із ЛР

Дослідження проводилося на базі світильника місцевого освітлення типу НКП (виробництво "ОСП Корпорація Ватра", м. Тернопіль) із параболічним відбивачем, покритим білою емаллю. Світильник розрахований на роботу з ЛР (мал. 4, а). Поетапно проводилася заміна ЛР на КЛЛ з різними формами колби (мал. 4, б, в, г, е, є) та світлодіодною лампою (мал. 4, д). Потужність енергоефективних ламп вибиралась відповідно до рекомендацій виробників, зазначених на упаковванні. Винятком є лише дві лампи Delux O SHAPE 13 W та Delux S SHAPE 18 W, які на ринку є рідкісними, проте мають нестандартні габаритні розміри колби.

Під час досліджень проводилися вимірювання освітленості на горизонтальній площині, яка розташована на відстані 0,8 м від світлового приладу. Відповідно до прийнятих методик проведення подібного виду вимірювань ця відстань визначається як найменша відстань від фокусу параболічного відбивача до площини вимірювання. При використанні АБУ, враховано те, що площина її вимірювань знаходиться на відстані 10 см від горизонтальної площини та паралельна їй.

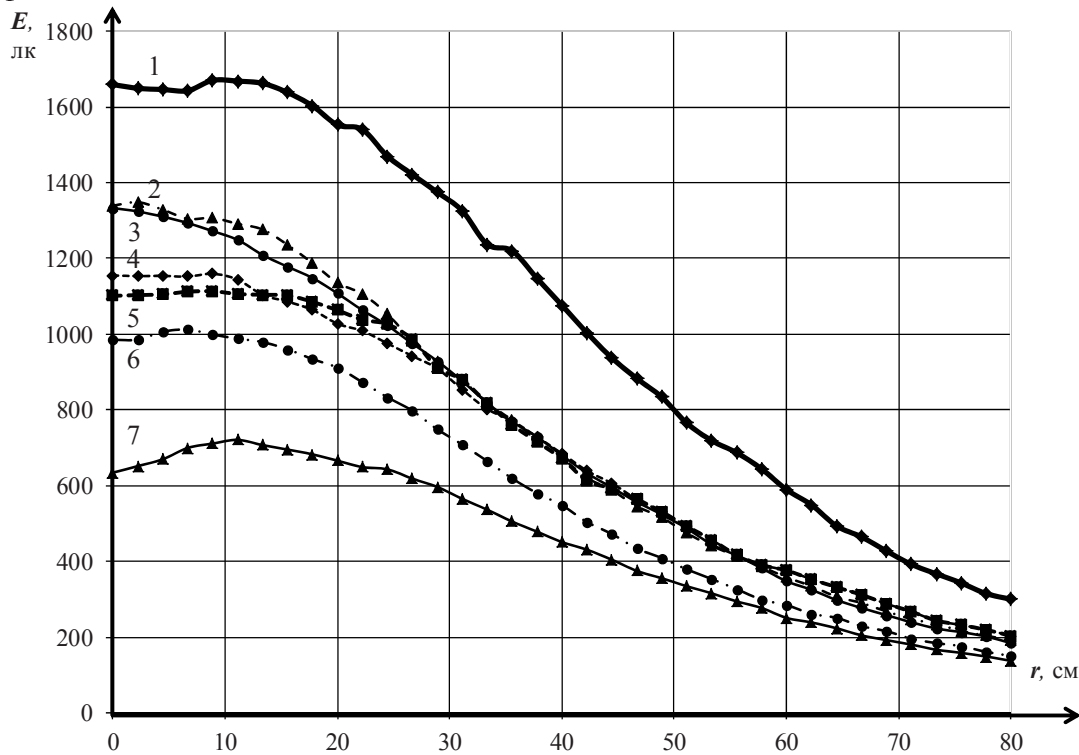
У результаті вимірювання очікувалося отримати рівні освітленості, які б залежали не тільки від розміру світлого тіла лампи, але й від затінювання трубок КЛЛ одна одною. Проте, за рахунок оптичних властивостей білої емалі, якою покритий відбивач, вплив затінення не був зафіксований, а величина освітленості в точках, розміщених на одному і тому ж радіальному колі, була в межах похибки вимірювання. Оскільки отримані залежності

освітленості мають круглосиметричну форму (мал. 3), то для більшої наочності на мал. 5 представлено зміну освітленості від відстані в радіальному напрямку.



Мал. 4. Зовнішній вигляд джерел світла, вибраних для проведення досліджень:  
 а) ЛР (75 Вт); б) Космос Лотус LT-4U 15 Вт; в) SUPERMAX 15 Вт; г) Lummax КЛБ 15/827-E27-1-4U; д) світлодіодна лампа; е) Delux O SHAPE 13 W; з) Delux S SHAPE 18 W

Як видно з мал. 5 освітленість плавно зменшується до рівня нижче нормованого, яке було зафіксовано на відстані  $r = 80$  см.

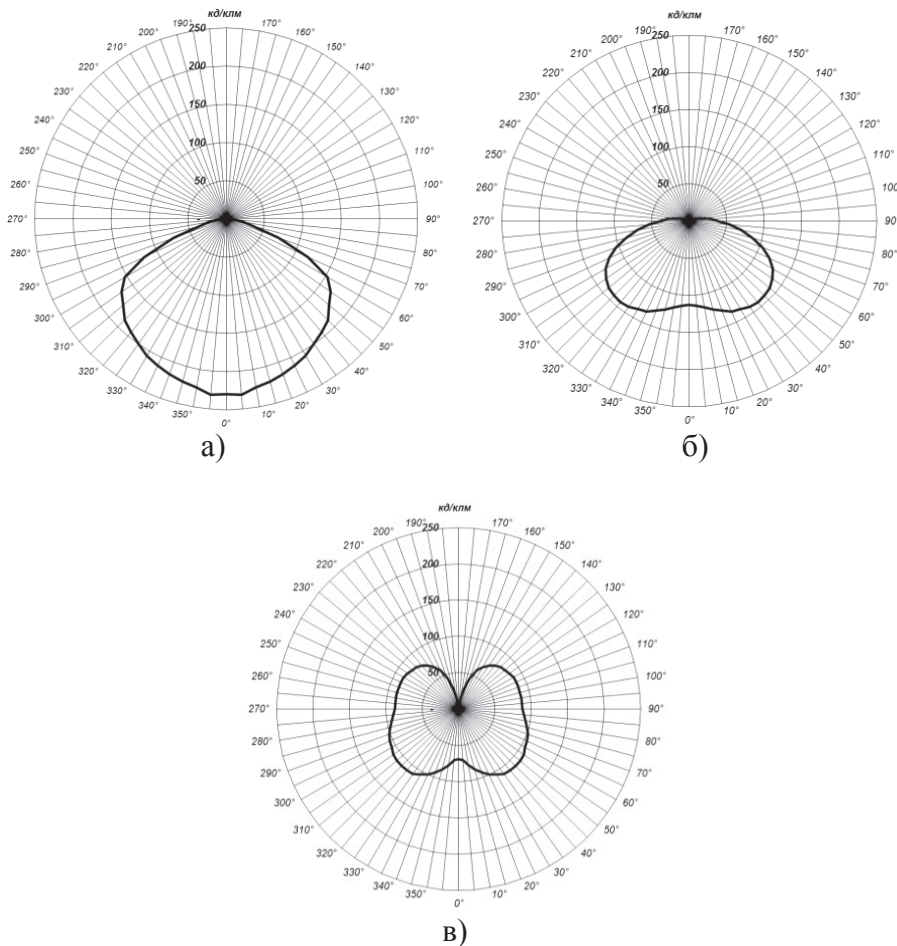


Мал. 5. Залежність освітленості на горизонтальній робочій поверхні від типу використаної КЛЛ: 1 – ЛР (75 Вт); 2 – Космос Лотус LT-4U 15 Вт; 3 – SUPERMAX 15 Вт; 4 – Lummax КЛБ 15/827-E27-1-4U; 5 – Світлодіодна лампа;



6 – Delux O SHAPE 13 W; 7 - Delux S SHAPE 18 W

Провівши аналіз отриманих залежностей, встановлено, що найбільша освітленість характерна для ЛР, а для лампи Delux S SHAPE 18 W (мал. 4, є) її величина вдвічі менша. Для решти енергоекономних ламп максимальна освітленість на 20-40 % нижча ніж у ЛР. Таку значну різницю можна було б пояснити більш похилим спадом освітленості у радіальному напрямку, але і тут при використанні ЛР освітленість залишилася вищою. Враховуючи те, що номінальний світловий потік енергоефективних ламп (окрім Delux O SHAPE 13 W та Delux S SHAPE 18 W) відрізняється від номінального світлового потоку ЛР не більше ніж 10 %, то причину «світлових втрат» слід шукати в просторовому розподілі світлового потоку світлового приладу. Тому було прийнято рішення зняти криві сили світла досліджуваного світильника із вищезазначеними джерелами світла. Такі вимірювання були проведені на розподільчому фотометрі [10] у дослідно-випробувальній лабораторії "ОСП Корпорація Ватра". Найбільш характерні отримані ККС зображено на мал. 6. На них добре видно, що для світлового приладу із ЛР характерна косинусна КСС (мал. 6, а), тобто весь світловий потік спрямований у напрямку робочої поверхні. При застосуванні інших ламп КСС світлового приладу стає напівширокою (мал. 6, б), а у випадку Delux S SHAPE 18 W світловий потік розсіюється навіть у напрямку, протилежному до робочої поверхні (мал. 6, в).



Мал. 6. Криві сили світла світильника місцевого освітлення при використанні: а) ЛР; б) SUPERMAX 15 Вт; в) Delux S SHAPE 18 W

**Висновки**

1. Значний вплив на розподіл освітленості по робочій поверхні має форма колби КЛЛ: – при спіральній та 4П-подібній формі світного тіла (лампи SUPERMAX, Космос Лотус LT-4U, Lummax КЛБ 15/827-E27-1-4U,) крива сили світла світлового приладу є напівширокою, що призводить до зменшення рівня освітлення (мал. 5 та мал. 6, б);

– при збільшенні розміру світлого тіла джерела світла КСС світлового приладу наближається до широкої, що спричиняє зміщення максимуму освітленості від центру в радіальному напрямку (мал. 5 та мал. 6, в лампа Delux S SHAPE 18 W).

2. При використанні світлодіодних джерел світла замість ЛР важливу роль відіграють не тільки оптичні властивості відбивача світлового приладу, а власної оптичної системи.

3. При будь-якій заміні ЛР на енергоефективні, які рекомендують виробники, у світильнику з круглосиметричним параболічним відбивачем освітленість на робочій поверхні зменшується щонайменше на 20 %, а у випадках габаритного світлого тіла на 55 %. Тому для забезпечення нормованої освітленості потрібно збільшувати потужність «енергоефективних» джерел світла, що зменшує енергоефективність всієї освітлювальної установки.

4. При впровадженні нових енергоефективних джерел світла у спеціалізованих освітлювальних установках у першу чергу потрібно розробити нові оптичні системи для них, які б розподіляли світловий потік у просторі відповідно до вимог, що ставляться до такого типу світлових приладів.

### Список літератури

1. Освещение в школе: простые решения для перехода на рациональное освещение [Электронный ресурс]// Koninklijke Philips Electronics. – 2010. – Режим доступа: [http://www.lighting.philips.ru/pwc\\_li/ru\\_ru/connect/assets/app\\_brochures/Schools.pdf](http://www.lighting.philips.ru/pwc_li/ru_ru/connect/assets/app_brochures/Schools.pdf) (дата звернення 20.02 2014). – Назва з екрану.

2. Айзенберг Ю. Б. Энергосбережение – одна из важнейших проблем современной светотехники // Светотехника. – 2000. – № 6. – С. 6–10.

3. Кожушко Г. М. Проблемы перехода на освещение жилых помещений энергосберегающими источниками света: стоимость, качество, безопасность / Г. М. Кожушко, Ю. О. Басова // Светотехника. – 2008. – № 5–6. – С. 74–77.

4. Гаврилкина Г. Н. Технические решения энергоэффективных систем общего освещения [Текст] / Г. Н. Гаврилкина [и др.] // Энергосбережение. – 2012. – № 1. – С. 38–41.

5. Бобылева А. Энергосберегающие лампы / А. Бобылева // Промышленный вестник Карелии. – 2010. – № 93. – С. 12–15.

6. Дроздов Д. Светодиодные лампы СКЛ: идеальное решение замены ламп накаливания в светосигнальной арматуре [Текст] / Д. Дроздов // Chip News. – 2004. – № 9. – С. 56–57.

7. Горшков А. С. Экономический анализ использования энергоэффективных источников света с точки зрения потребителя [Текст] / А. С. Горшков, И. А. Войлоков // Инженерно-строительный журнал. – 2009. – № 5. – С. 47–50.

8. Сіробаба О. О. Комплексний підхід до оцінки ефективності заміни ламп накаливання на КЛЛ із вбудованим ЕПРА [Текст] / О. О. Сіробаба // Світлотехніка та електроенергетика. – 2009. – № 4. – С. 64–69.

9. Лисиця В. Т. Колірні моделі та закони поширення світла: навчально-методичний посібник для студентів механіко-математичного факультету, спеціальність «інформатика» / В. Т. Лисиця – Х. : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2012. – 82 с.

10. Гуревич М. М. Фотометрия (теория, методы и приборы). – 2-е изд., перераб и доп. / М. М. Гуревич // – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 272 с.

### LIGHTING ASPECTS OF INCADESCENT LIGHT BULBS CHANGE FOR POWER-EFFICIENT LIGHT SOURCES

KOVAL V. P., Candidate of Engineering, Ph.D,  
TARASENKO M.G., Doctor of Engineering, Associate Professor, Ph.D,  
KOTSYURKO R.V., The vaster  
Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopol, Ukraine

*An automated measuring unit for measuring work surface luminous intensity has been developed and produced. The research of luminance level on a horizontal surface from a positional*

light fixture with parabolic concentrator after its incandescent light bulb change for more power-efficient ones (compact fluorescent and light-emitting diode lamps) has been conducted. Hereat, a decrease in luminous intensity by 20-55% has been observed. Light intensity distribution curves of the fixture with power-efficiency lamps have been measured and analyzed. It has been proved that in case of a large luminous element, the luminous flux distribution in space does not match the demands to fixtures with parabolic concentrator due to the fact that a part of luminous flux is dispersed in the space and does not arrive onto the work surface. Two conclusions have been made regarding the influence of this change on light intensity distribution curves of the fixtures and work surface luminous intensity.

**Keywords:** luminous intensity, light-emitting diode lamps, compact fluorescent lamp, incandescent light bulb, light intensity distribution curves

1. Koninklijke Philips Electronics (2010), Lighting in school: simple solutions for managing the transition to lighting [Osveschenie v shkole: prostyie resheniya dlya perehoda na ratsionalnoe osveschenie], [http://www.lighting.philips.ru/pwc\\_li/ru\\_ru/connect/assets/app\\_brochures/Schools.pdf](http://www.lighting.philips.ru/pwc_li/ru_ru/connect/assets/app_brochures/Schools.pdf) (data zvernennyya 20.02.2014).

2. Ayzenberg, Yu.B. "Energy conservation - one of the most important problems of modern lighting" ["Energoberezhenie – odna iz vazhneyshih problem sovremennoy svetotekhniki"], *Light & Engineering*, No. 6, pp. 6-10.

3. Kozhushko, H.M., Basova, Yu.O. (2008), "Problems switching to energy efficient lighting residential light sources: cost, quality, safety" ["Problemy perekhodu na osvittenia zhytlovykh prymishchen enerhoekonomichnykh dzhirelamy svitla: vartist, yakist, bezpeka"], *Svitlolux*, No. 5-6, pp. 74-77.

4. Gavrilkina, G. N. (2012), "Technical solutions of energy-efficient lighting systems" ["Tehnicheskie resheniya energoefektivnykh sistem obschedomovogo osvescheniya"], *Energy conservation*, No 1, pp. 38-41.

5. Bobyleva, A. (2010), "Energy-saving lamps" ["Energoberegayushchie lampy"], *Industrial Bulletin Karelia*, No. 93, pp. 12-15.

6. Drozdov, D. (2004), "LED lamps SCR: the ideal solution to replace incandescent light signal fixture" ["Svetodiodnyie lampy SKL: idealnoe reshenie zameny lamp nakalivaniya v svetosignalnoy armature"], *Chip News*, No. 9, pp. 56-57.

7. Gorshkov, A.S., Voylovkov, I.A. (2009), "Economic analysis of the use of energy-efficient light sources from a consumer perspective" ["Ekonomicheskii analiz ispolzovaniya energoefektivnykh istochnikov sveta s tochki zreniya potrebitelya"], *Civil Engineering Journal*, No. 5, pp. 47-50.

8. Sirobaba, O.O. (2009), "An integrated approach to evaluating the effectiveness of replacing incandescent lamps with CFLs with built-in ballasts" ["Kompleksnyi pidkhid do otsinky efektyvnosti zaminy lamp nakalivannia na KLL iz vbudovanykh EPRA"], *Lighting and power*, No. 4, pp. 64-69.

9. Lysytsia, V. T. (2012), *Color models and laws of light: Textbook for Students of Mechanics and Mathematics, in "computer science"* [Kolirni modeli ta zakony poshyrennia svitla: navchalno-metodychnyi posibnyk dlia studentiv mekhaniko-matematychnoho fakultetu, spetsialnist «informatyka»], KhNU imeni V.N. Karazina, Kharkov, 82 p.

10. Gurevich, M. M. (1983), *Photometry (theory, methods and devices). 2nd ed. [Fotometriya (teoriya, metody i pribory). – 2-e izd.]*, Energoatomizdat, Leningrad, 272 p.

Поступила в редакцию 26.05.2014 г.