

Ю. О. Васильєва

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ОЦІНКИ ОСВІТЛЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ В ПРОГРАМІ DIALUX EVO ЗГІДНО EN 15193

У статті розглянута можливість оцінки енергозбереження освітлювальними установками в програмі Dialux Evo. Приведена методика розрахунку показника LENI, закладена в основу розрахунку цього показника в програмі Dialux Evo. Наведений алгоритм розрахунку показників енергозбереження за допомогою програмного забезпечення. Аналіз енергоефективності освітлювальних установок наведено на прикладі учбового класу.

Ключові слова: світловий аудит, системи освітлення, моделювання освітлення, природне освітлення, штучне освітлення, комбіноване освітлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Постановка проблеми.

На сьогоднішній день велике значення приділяється питанням енергоспоживання систем освітлення споруд. В Європі на законодавство у сфері енергоефективності споруд було прийнято Єврокомісією в 2002 році, і на теперішній час набуло чинності у всіх Європейських країнах. Системи освітлення є одним з споживачів енергії в спорудах. Енергоефективність нових і існуючих споруд повинна бути документально зафіксована в обов'язковому сертифікаті по енергоспоживанню.

Значні зусилля по скороченню кількості енергії, споживаної системами освітлення, повинні відповідати вимогам по якості освітлення. Показник LENI показує енергоефективність освітлювального обладнання, і що більш суттєво, показує необхідність ефективного керування освітленням. Неодмінною умовою є необхідність використання природнього освітлення ті детекторів присутності. Як результат, енергоспоживання системи освітлення може знизитися, а якість освітлення – підвищитися. Оцінка енергоспоживання виконується за допомогою Lighting Energy Numeric Indicator (LENI) – показника, вираженого в $\text{kВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ за рік, що показує річне споживання електроенергії, необхідної для функціонування систем освітлення у відповідності зі специфікою споруди. Так як існує показник, логічно встановити також і критерії енергоспоживання, які відображені в стандарті EN-15193, визначаючим вимоги по енергопостачанню систем освітлення.

Велике значення має відповідність спроектованої системи освітлення рекомендованим нормам, зафіксованим у стандарті EN 12464. Вимоги до якості освітлення мають ще більше значення. Ці вимоги визначаються показником якості освітлення –

Ergonomic Lighting Indicator (ELI). Цей показник був введений за для того, щоб мати можливість одночасного урахування множини аспектів якості освітлення. В зазначених вище стандартах містяться посилення один на одного.

Методика розрахунку енергії, що витрачається на освітлення наведена в стандарті EN 15193–1 «Оцінка кількості енергії, що витрачається на освітлення» (Lighting energy estimation) [1].

Для проведення розрахунків слід знати конкретні характеристики будівлі [2-3]: площі приміщень і вікон, географічну орієнтацію фасадів, години роботи і т. д. Після цього слід визначити конкретні параметри освітлювальних установок: встановлену потужність, паразитну потужність. На основі вищеведених даних можна визначити теоретичне річне споживання енергії.

LENI може бути використаний для прямих порівнянь електроенергії, що витрачається на освітлення будівель, що мають однакове функціональне призначення, але відрізняються розмірами і конфігурацією.

Кількісний показник енергетичної ефективності штучного освітлення будівлі LENI, визначається за формулою [1]:

$$LENI = \frac{W}{A} \quad (1),$$

де W – загальна річна енергія, що використовується для освітлення споруди, $\text{kВт}\cdot\text{год}/\text{рік}$;

A – повна корисна площа підлоги будівлі, м^2 .

Загальна річна енергія, що використовується для освітлення споруди, визначається за формулою

$$W = W_L + W_P \quad (2),$$

де річна енергія для освітлення, необхідна для виконання функції освітлення в будівлі W_L , і річна паразитна енергія W_P , необхідна для забезпечення зарядної енергії для аварійного освітлення і енергії для управління освітленням в будинку, повинні визначатися за формулами (5) і (6) відповідно.

Питома встановлена потужність в приміщенні, $Вт/м^2$, розраховується за формулою

$$\omega = 1000 \frac{W_t}{A_n} \quad (3),$$

де A_n - площа освітлюваного приміщення або зони.

Повна розрахункова енергія, що витрачається на штучне освітлення приміщення (приміщень) протягом часу t , розраховується за формулою

$$W_t = W_{L,t} + W_{P,t} \quad (4),$$

де енергія, що витрачається на штучне освітлення приміщення (приміщень) $W_{L,t}$, визначається за формулою

$$W_{L,t} = \sum_i P_{ni} \frac{(t_D + t_N)}{1000} \quad (5),$$

Паразитна енергія $W_{P,t}$, необхідна для зарядки акумуляторів в світильниках аварійного освітлення, а також та, що витрачається засобами управління освітленням в приміщенні (приміщеннях) визначається за формулою

$$W_{P,t} = \frac{\sum [P_{pc} (t_y - (t_D + t_N)) + P_{em} t_{em}]}{1000} \quad (6),$$

Повна енергія на штучне освітлення може бути розрахована [4-5] для будь-якого встановленого проміжку часу (година, доба, тиждень, місяць або рік).

Для існуючих споруд значення величин $W_{P,t}$ та $W_{L,t}$ можуть визначатися більш точно шляхом вимірювання енергії, використаної на освітлення [6-11].

$W_{P,t}$ у формулі (6) не включає в себе потужність, споживану системою аварійного освітлення, що працює від акумулятора.

Метою дослідження є аналіз енергоефективності системи штучного освітлення [12-15] в навча-

льних класах, в яких внаслідок необхідності забезпечення високих рівнів нормованої освітленості можлива значна втрата електроенергії при використанні нераціональних систем освітлення.

Виклад основного матеріалу

Методологія дослідження

В рамках дослідження було проведено аналіз енергоефективності системи освітлення навчального класу. Були проаналізовані варіанти освітлювальної установки із застосуванням компактних люмінесцентних ламп, і світлодіодів.

Порядок розрахунку енергоефективності в програмі DIALux Evo.

Для розрахунку енергоефективності в програмі використовується інструмент «Расход энергии» режими «Свет».

Програма розраховує три параметра, представлені в панелі «Расход электроэнергии и затраты».

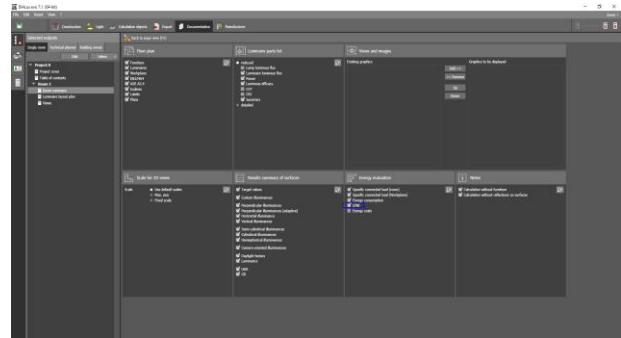


Рис. 1. Панель розрахунку енергетичних показників

При присутності природного освітлення, розрахункові дані відображаються діапазоном, де перше значення - з урахуванням впливу природного освітлення, друге - без його врахування.

Для проведення розрахунків енергоефективності в програмі необхідно ввести «Датчик»

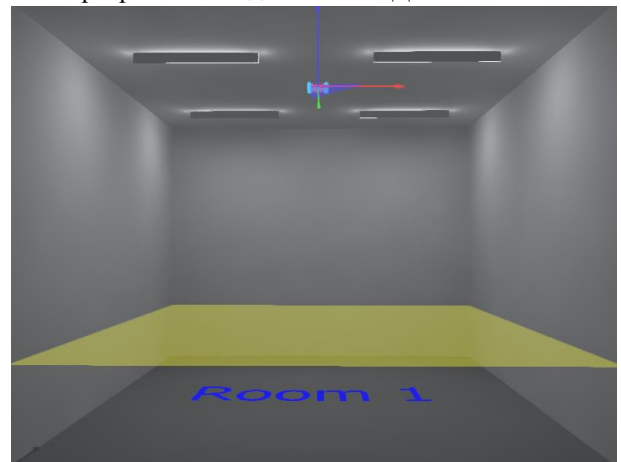


Рис. 2. Введення датчика для розрахунку енергоефективності

Після введення датчика в приміщення, з'являється панель його налаштування.

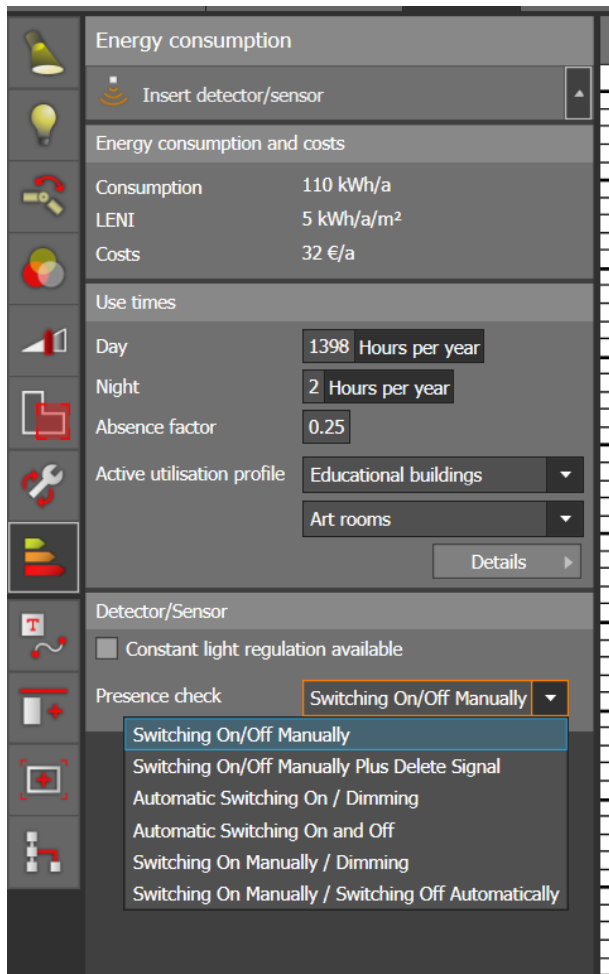


Рис. 3. Панель налаштування датчика

Під час налаштування розрахунку в даній панелі відображається необхідна для розрахунків інформація: години роботи системи освітлення вдень і вночі, коефіцієнт відсутності і активний профіль.

Для проведення розрахунків енергетичної ефективності в програмі існує три лічильники:

Consumption (споживання), LENI (питомі витрати енергії за рік), Costs (витрати).

- «Потребление» – річне споживання електроенергії системою освітлення (кВт*год/рік);

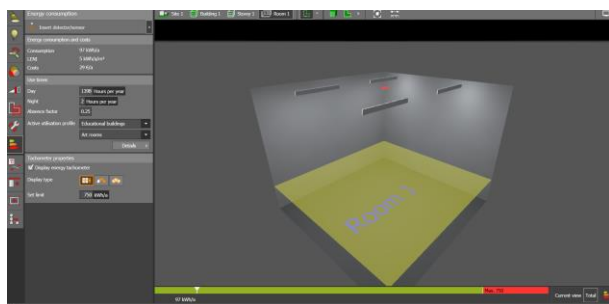


Рис. 4. Налаштування лічильників енергоспоживання в програмі

- *LENI* – кількісний показник енергетичної ефективності штучного освітлення (кВт*год/рік/м²), як питомі втрати енергії за рік;

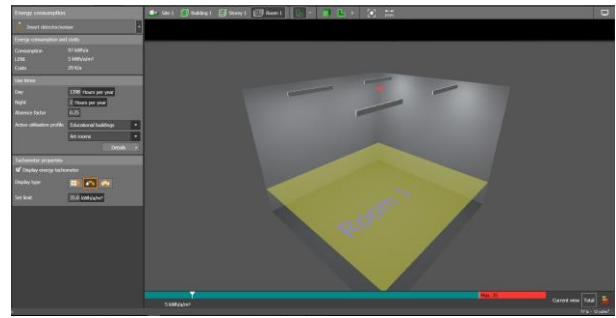


Рис. 5. Розрахунок показника *LENI*

- «Затрати» – річні втрати в грошовому еквіваленті за електроенергію, витрачену на освітлення.

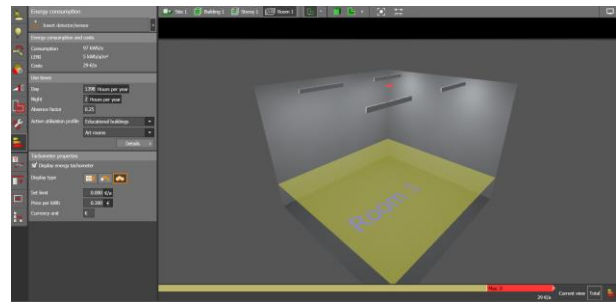


Рис. 6. Розрахунок електроенергії в грошовому еквіваленті

Приклад розрахунку

На рисунку 7 а показано приміщення навчального класу, змодельованого в програмі DIALux Evo.



Рис. 7. Модель учбового класу

Для експерименту було розглянуто 2 випадки освітлення приміщення за допомогою компактних люмінесцентних ламп (КЛЛ), і освітлення за допомогою світлодіодів (СД). Відстань між світильниками визначалося автоматично

програмою, за умови створення необхідного рівня освітленості на робочій поверхні.

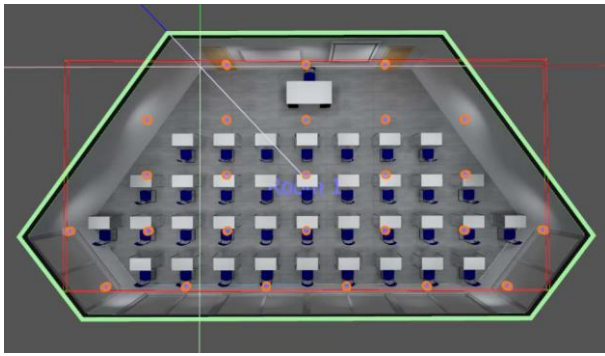


Рис.8. План розстановки світлового обладнання в приміщенні

На рис.9 представлені результати розрахунку освітленості в програмі DIALux Evo у вигляді ізоліній.

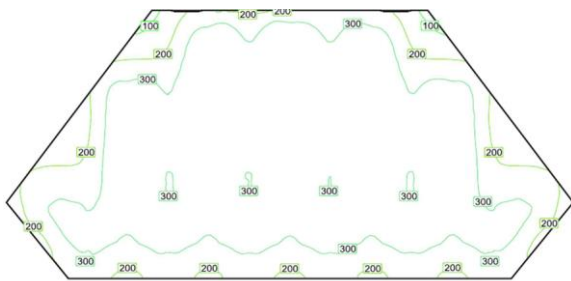


Рис.9. Результат розрахунку освітленості для КЛЛ

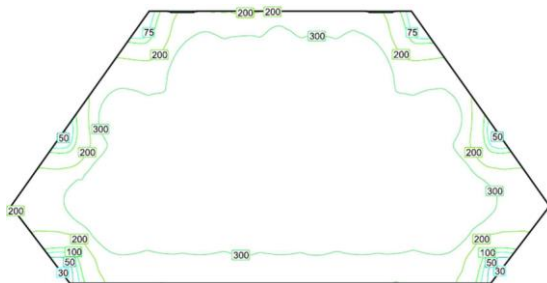


Рис.10. Результати розрахунку освітленості для СД

Perpendicular illuminance (adaptive)						
Name	Average [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Min/average	Min/max	Points (Relevant)
Workplane 1	304	83	399	0.273	0.208	512 x 256 (102856)

Height of room: 2.800 m, Reflection factors: Ceiling 57.1%, Walls 70.6%, Floor 26.6%, Light loss factor: in acc. with EN12464

No.	Quantity	
1	26	PHILIPS FBS120 2xPL-C14P18W HF L Light output ratio: 55.84%

Total luminous flux: 62400 lm, Total Load: 988 W

Рис. 11. Результати світлотехнічних розрахунків для КЛЛ

Perpendicular illuminance (adaptive)						
Name	Average [lx]	Min [lx]	Max [lx]	Min/average	Min/max	Points (Relevant)
Workplane 1	310	30	439	0.096	0.068	512 x 256 (102856)

Height of room: 2.800 m, Reflection factors: Ceiling 57.1%, Walls 70.6%, Floor 26.6%, Light loss factor: in acc. with EN12464

No.	Quantity	
1	26	PHILIPS BBS482 1xDLED-4000 Light output ratio: 100.00%

Total luminous flux: 34918 lm, Total Load: 494 W

Рис.12. Результати світлотехнічних розрахунків для СД

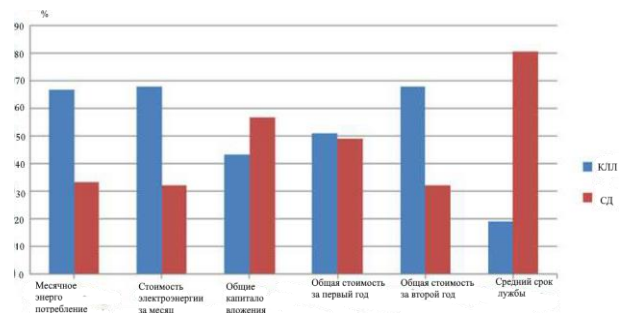


Рис. 13. Порівняльний розрахунок енергоефективності для КЛЛ і СД

Висновки

Числовий показник кількості витрачаємої на освітлення енергії (LENI) був введений для демонстрації річного споживання електроенергії, що приходить на 1 м², що витрачається на освітлення відповідно специфікації споруди.

В роботі був проведений аналіз енергоефективності освітлювальних установок на прикладі навчального класу. Показана можливість використання сучасного програмного забезпечення для розрахунку енергоефективності. Було відзначено вплив коефіцієнтів відбиття підлоги, стелі і стін при розрахунку енергоефективності.

Порівняльний аналіз був проведений з використанням КЛЛ і СД.

Згідно з проведеними розрахунками, світлодіодні джерела світла показали себе краще в плані енергоефективності, ніж КЛЛ. Вони забезпечують щорічну економію електроенергії в межах від 30 до 50%, в порівнянні з КЛЛ. Звісно, система управління може здійснити значний вплив на енергію, що витрачається на освітлення.

Література

1. EN 15193, 2006. European Standard EN 15193: 2006, Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting

2. Справочная книга по светотехнике [Текст] / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. 3-е изд. перераб. и доп. — М.: Знак. 2006.— 972 с.
3. Федоров, С.Н. Приоритетные направления для повышения энергоэффективности зданий [Текст] / С.Н. Федоров // Энергосбережение. — 2008. - №5. — с.23-25.
4. Энергоэффективное электрическое освещение [Текст]: учебное пособие / С.М. Гвоздев и др.; под ред. А.П. Варфоломеева. — М.: Издательский дом МЭИ. — 2013. — 288 с.
5. Айзенберг, Ю.Б. Энергосбережение и техническая политика в области светотехники [Текст] / Ю.Б. Айзенберг // Светотехника. — 2005. — № 6.
6. ДСТУ 4712:2007. Енергозбереження. Паливно-енергетичні баланси промислових підприємств. Методика побудови та аналізу [Текст]. Чин. від 01.07.20007. — К.: Держстандарт України. — 2007. — 25 с.
7. Лоскутов, А. Б. Методика расчёта экономии электроэнергии в действующих осветительных установках помещений при проведении энергетического аудита [Текст] / А. Б. Лоскутов, А. С. Шевченко // Электропанорама. — 2000. — Вып. 5–6. — С. 24–27. — Библиогр.: с. 27.
8. Трунова, І. М. Вдосконалення методики енергетичного аудиту системи освітлення [Текст] / І. М. Трунова, Л. Ю. Волотка, Т. Л. Наседкіна // Вісник ХДТУСГ. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. — 2012 — Вип.130. — С. 33–35. — Бібліогр.: с. 33.
9. Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту [Текст]: Типова методика. — Затв. наказом № 56 від 20.05.2010 р. Національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів. — К.: Національне агентство України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів. — 2010. — 90 с.
10. Энергосбережение и энергоаудит в осветительных и облучательных установках [Текст]: учебное пособие/ Кунгс А.Я., Цугленок Н.В. — Красноярск: КГАУ, 2003.
11. Энергосбережение в освещении [Текст] / Под ред. проф. Ю.Б. Айзенберга. — М.: Знак.— 1999. — 265 с.
12. Krarti, M., Erickson, P., Hillman, T. (2005) A simplified Method to Estimate Energy Savings of Artificial Lighting Use from Daylighting Building and Environment. *Building and Environment*, 40, 747-754.
13. Yezioro, A.; Dong, B.; Leite, F. (2008) An applied artificial intelligence approach towards assessing building performance simulation tools. *Energy and Buildings*, 40 (4), 612.
14. Leslie, P., Pearce, J. M., Harrap, R., Daniel, S. (2012) The application of smartphone technology to economic and environmental analysis of building energy conservation strategies. *International Journal of Sustainable Energy*, 31 (5), 295-311.
15. Guide for the Application of the Commission Regulation (EU (2013)) No. 1194/2012 Setting Ecodesign Requirements for Directional Lamps, Light Emitting Diode Lamps and Related Equipment. *Brussels: LIGHTINGEUROPE*, 96.
3. Fedorov, S.N. *Prioritetnyye napravleniya dlya povysheniya energoeffektivnosti zdaniy // Energoberezeniye.* — 2008. - №5. —с.23-25.
4. *Energoeffektivnoye elektricheskoye osveshcheniye: uchebnoye posobiye/ S.M. Gvozdev i dr.; pod red. A.P. Varfolomeyeva.* — М.: Izdatel'skiy dom MEI. — 2013. — 288 s.
5. *Energoberezeniye i energoaudit v osvetitel'nykh i obluchatel'nykh ustanovkakh: uchebnoye posobiye/ Kungs A.YA., Tsuglenok N.V.* — Krasnoyarsk: KGAU, 2003.
6. DSTU 4712:2007. *Yenergozberezhennya. Palivno-yenergetichni balansy promislovykh pidpriyemstv. Metodika pobudovi ta analizu. Chin. Vid 01.07.20007.* — Derzhstandart Ukraini, 2007. — 25 s.
7. Loskutov, A. B. *Metodika raschota ekonomii elektroenergii v deystvuyushchikh osvetitel'nykh ustanovkakh pomeshcheniy pri provedenii energeticheskogo audita / A. B. Loskutov, A. S. Shevchenko // Elektropanorama.* — 2000. — Vip. 5–6. — S. 24–27. — Bibliogr.: s. 27.
8. Trunova, I. M. *Vdoskonalennya metodiki yenergetichnogo auditu sistemi osvittleniya/ I. M. Trunova, L. YU. Volotka, T. L. Nasëdkina // Visnik KHDTUSG. Problemi yenergozabezpechennya ta yenergozberezhennya v APK Ukraini.* — 2012 — Vip.130. — S. 33–35. — Bibliogr.: s. 33.
9. *Zagal'ni vimogi do organizatsiyi ta provedennya yenergetichnogo auditu: Tipova metodika.* — Zatv. nakazom № 56 vid 20.05.2010 r. *Natsional'nogo agentstva Ukraini z pitan' zabezpechennya yefektivnogo vikoristannya yenergetichnikh resursiv.* — 90 s.
10. *Energoberezeniye i energoaudit v osvetitel'nykh i obluchatel'nykh ustanovkakh: uchebnoye posobiye/ Kungs A.YA., Tsuglenok N.V.* — Krasnoyarsk: KGAU, 2003.
11. *Energoberezeniye v osveshchenii. Pod red. prof. YU.B. Ayzenberga.* — М.: Знак. — 1999. — 265 s.
12. Krarti, M., Erickson, P., Hillman, T. (2005) A simplified Method to Estimate Energy Savings of Artificial Lighting Use from Daylighting Building and Environment. *Building and Environment*, 40, 747-754.
13. Yezioro, A.; Dong, B.; Leite, F. (2008) An applied artificial intelligence approach towards assessing building performance simulation tools. *Energy and Buildings*, 40 (4), 612.
14. Leslie, P., Pearce, J. M., Harrap, R., Daniel, S. (2012) The application of smartphone technology to economic and environmental analysis of building energy conservation strategies. *International Journal of Sustainable Energy*, 31 (5), 295-311.
15. Guide for the Application of the Commission Regulation (EU (2013)) No. 1194/2012 Setting Ecodesign Requirements for Directional Lamps, Light Emitting Diode Lamps and Related Equipment. *Brussels: LIGHTINGEUROPE*, 96.

References

1. EN 15193, 2006. European Standard EN 15193: 2006, Energy performance of buildings - Energy requirements for lighting
2. *Spravochnaya kniga po svetotekhnike / Pod red. YU. B. Ayzenberga.* 3-ye izd. *pererab. i dop.* — М.: Знак. — 2006. — 972 s.

Рецензент: доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри світлотехніки та джерел світла П.І. Неєжмаков, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

Автор: ВАСИЛЬСВА Юлія Олегівна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – vasilyevauo@gmail.com

ENERGY EFFICIENCY OF LIGHTING SYSTEM ANALYSIS IN DIALUX EVO ACCORDING EN 15193

U. Vasilyeva

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

This report examined an energy consumption of lighting system with different light sources.

Actual ways optimizing the energy consumption of lighting systems for education facilities with high levels of ambient normalized horizontal illuminance on the audit results have been highlighted.

Efficient using electricity and decreasing the cost of the lighting needs can be achieved by such arrangements: improving the lighting systems; applying efficient light sources, correct selection and placement of fixtures and rational application of new lighting fixtures and devices, optimizing lighting networks and control systems, the rational organization of lighting operation.

The investigation was made in Dialux Evo program, which gave an opportunity to calculate a Lighting Energy Numeric Calculator (LENI). The standard EN 15193 is part of a set of standards developed to support the implementation of EPBD directives.

The EN 15193 provides a simplified method for the estimation of the energy consumption for lighting through the index LENI. The calculation method introduced in the original standard (2007) has been revised in 2017, especially on the approach to calculate the daylighting contribution.

Optimization the lighting systems is justifying the choice of means and methods of lighting. One of the important issues determining the efficiency of indoor lighting is the choice of lighting systems. In this frame, this paper critically analyses the characteristics of the new simplified method to estimate the efficiency of lighting system.

The paper contains information about the methodology of calculation energy consumption indicators. Having been shown how to calculate the LENI, the paper highlights how influencing factors are considered, and which are the main differences with respect to other calculation approaches.

In addition, lighting system with different types of lighting system with different types of lighting sources were analyzed.

The simulation results have been shown that using daylight and artificial lighting can realized high energy efficiency of the lighting system with the corrective approach. Implementation of energy-efficient lighting arrangements can significantly reduced energy consumption, thereby decreasing greenhouse gas emissions.

It is clear from the comparative calculations that light-emitting diode had shown themselves better, then compact fluorescent lamps in energy saving sense. LED energy efficiency grew from 30 to 50% against compact fluorescent lamps.

The other major factor that helps increase energy efficiency is automatic controller, as detectors and sensors.

The analyze of detectors and sensors influence on energy consumption are equally interesting.

Keywords: *light audit, lighting systems, modeling lighting, natural lighting, artificial lighting, combined lighting*