

Светлодиодни индустриални осветители

Теодор Кючуков

LED Industrial Luminaires: The report represents a classification of the lighting organization where the contemporary luminaires takes Ist Level of all four (0-III). There has been specified some essential aspects about the contemporary LED light fittings as they take a significant part in the industrial sector. In addition it has been proposed a continuation to a German system for evaluation of the investment towards the LED lighting solutions, including ELI system, by 5 basic criteria (Price, Energy Efficiency, Ergonomics, Exploitation, and Aesthetics, incl. their relevant indicators and requirements) where the Aesthetic criterion has been taken on focus.

Keywords: Industry, Luminaire, Light Organization, Light Emitted Diode (LED), Evaluation, Criteria, Price, Energy efficiency, Ergonomics, Exploitation, Aesthetics, Indicators.

ВЪВЕДЕНИЕ

Навлізването на светодиодите отваря нова страница в индустриалната осветителна техника. Светлодиодите имат редица слаби страни, които обаче могат да бъдат смекчени и даже преодолені чрез влагането им в светодиодни осветители, които ограничават голямата яркост на светодиодите, при реализиране на адекватен топлинен мениджмънт.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В настоящата работа са разгледани някои специфични подходи при реализирането на светодиодни осветители, така и предложение за тяхното специфициране при инвестиционни дейности в осветителни уредби.

1. Осветителите в светлинната организация

Осветителите заемат I^{BO} ниво в четири степенната система на светлинната организация: 0^{BO} ниво - свободно разпределение на светлината (светлинни източници); I^{BO} ниво - осветители (организирана светлина); II^{BO} ниво - осветителни уредби; III^{BO} ниво – светлинна среда [1].

Според характера на доминантното приложение, индустриалното осветление може да бъде адаптирано към 5-класната система на изкуственото осветление (фиг.1).



Фиг.1. Класове на приложение на изкуственото осветление.

Клас 1 - доминация на функционалното приложение; клас 4 - със засилено при съствие на функционалното приложение и по-слабо влияние на художествения елемент. В някои специфични индустриални отрасли отрасли се реализира паритет между функционалното приложение и художествения елемент (клас 3). Функционалното осветление е предназначено е за реализиране на подходяща светлинна среда, която осигурява условия за нормално извършване на определени зрителни задачи, свързани с постигане на производителност и качество на труда.

2. Светлодиодни осветители

Светлинен ретрофит. Първата стъпка към светодиодите се съдържа в светлинния ретрофит, който представлява преоборудване и модернизиране на съществуващи осветители чрез монтирането в тях на заместващи иновативни елементи. С това на осветителите би се осигурил жизнен цикъл за период, примерно съответстващ на живота на заместващите елементи - при това със сравнително малки разходи. Добрите европейски и световни практики предвиждат: а) монтиране на светло-

диодни модули (светлодиодни панели и драйвери) в налични конвенционални осветители; б) след време - замяна на съществуващи светлодиодни модули с усъвършенствани такива; с) замяна на изгорели светлодиооди (ремонт).

Специални конструкции светлодиодни осветители. Генералното решение е чрез замяна на конвенционалните осветители със специално конструирани светлодиодни осветители. Светлодиодите се окомплектуват с вторична оптика (лещи), с което ефективно се управлява разпределението на светлинния им поток. При това положение рефлекторните системи получават допълващи функции. Светлодиодите, като точков светлинен източник, имат характерна слаба страна - голяма яркост. Тази недостатък се задълбочава във времето, защото нараства единичната мощност на светлодиодите и се увеличава тяхната светлоотдаваемост (светлинен добив), респ. излъченият светлинен поток. За ограничаване на голямата яркост на светлодиодите, светлодиодните осветители се реализират със специални оптични системи, за да се разпредели светлината на по-голяма излъчвателна площ (с оглед адаптирането им във вътрешни осветителни уредби в индустриални и други сгради).

Разсейватели за светлодиодни осветители. Приложението на матови разсейватели в светлодиодните осветителни тела се счита за остаряло решение, неподходящо за съвременната светлодиодната светлинна техника. Матовите разсейватели позволяват реализирането на необходимата осветеност на работните места без заслепяване. Реализират косинусно (Ламбертово) светлоразпределение с присъщата му незадоволителна равномерност на осветлението. Матовите разсейватели омекотяват светлосенчестата структура на обектите, намаляват цветовия контраст, а оттам влошават информативността на обектите, като това води до понижаване на производителността и качеството на труда. Съвременните решения са с оптични отражателни системи, създаващи ефективно светлоразпределение с ограничаване на заслепяването. Последното се отстранява, като светлината се пренасочва така, че да не попада в зрителното поле. Прилагат се висококачествени материали с висока стойност на коефициента на отражение, като се повишава КПД на осветителите. Така например приложението на светлоразпределителни криви тип «*batwing*», даже само в едната меридианна равнина (т.е. «*batwing*» в едната и косинусно в другата), позволява да се реализира много добра равномерност на осветлението, със съответното намаление на броя на осветителите, респ. на мощността на осветителната уредба. Още по-добър резултат би се получил, ако се приложи светлоразпределение в двете меридианни равнини [2].

Индивидуализиране на светлоразпределението. Следва да се отбележи, че при световодните светлинни системи сравнително лесно може да се моделира индивидуализирано светлоразпределение, даже в една платформа (осветител). Тук възможностите са практически без ограничение, доколкото може практически да се формират: а) целесъобразна светлодиодна матрица, в т.ч. от еднакви или различни светлодиооди; б) целесъобразна вторична оптична система (с произволен набор от лещи); в) зададен (макар и в технически възможните граници) светлинен поток, в т.ч. регулируем; г) практически произволна цветна температура (от еднакви светлодиооди и/или комбинация от светлодиооди в светлодиодната матрица - но с контрол върху спектъра на излъчването); д) други възможности.

Топлинен режим на светлодиодните осветители. Конструкцията на осветителите (обикновено радиаторна) следва да осигури нормален топлинен мениджмънт на светлодиодите в осветителя. „Вписването“ на радиаторите в осветителите е предизвикателство за светлинните дизайнери. Трайната тенденция за увеличаване на светлоотдаваемостта на светлодиодите води до намаляване на излъчената топлина (за сметка на светлината). С това се редуцират мерките за отвеждане на излъчената от светлодиодите топлина.

Актуални светлодиодни осветители. В [3] са представени актуални светлотехнически изделия. Прави впечатление, че се предлагат осветители както с конвенционални, така и със светлодиодни източници. В момента се произвеждат индустриал-

ни светодиодни осветители със съпоставими и по-добри светлотехнически показатели, в сравнение с конвенционалните (в т.ч. и за високи помещения). Проявяваният консерватизъм в индустрията се основава на икономическата логика, доколкото светодиодните осветители са все още сравнително скъпи (особено при приложение на качествена елементна база). В същото време индустриалното осветление има сериозен потенциал за енергийна ефективност и той може да се усвои чрез светодиодното осветление.

Единен експлоатационен срок на елементите на осветителите. При светодиодните осветители може да се реализира съпоставимост на експлоатационния срок (живот) на телата с този на светлинните източници и на драйверите. Така се постига единен експлоатационен срок на осветителя като цяло. Ремонтът на осветителите е скъпа мярка и създава определени затруднения на експлоатационния персонал. Безусловно индустриалните осветители трябва да отговарят на изискванията на [4] и да имат маркировка СС.

2. Оценка на индустриалните осветители

Актуално състояние на светодиодната светлинна техника. Светодиодното осветление предполага то да навлиза състезателно в светлинната техника. Както беше отбелязано, в момента светодиодните изделия са по-скъпи от конвенционалните. В момента на пазара се предлагат евтини, но некачествени светодиоди и светодиодни осветители. Така те се конкурират с качествените светодиодни изделия и дори с конвенционалните решения. Винаги евтините решения подвеждат инвеститорите, преди всичко с малкия експлоатационен срок, несъответствието между официално обявените показатели и реалните измерени при експлоатация, некачествен спектър и т.н.

Методически подход. В Германия, страна с традиции в светлинната техника, е разработена система за оценяване на уличното осветление [5, 6]. В настоящата работа се предлага разширение към нея с допълнителна примерна система за оценяване на естетическия критерий, позволяваща осигуряване на баланс между външен вид (комерсиално адресиран), цена и качество, с фокус индустриалното осветление (табл.1, 2 и 3). Методическият подход включва оценяване по ред от критерии със съответните показатели и допълнителна информация, представляващи разширение към системата (табл.1).

Таблица 1.

Критерии и показатели за оценка на светлотехническите изделия

| № | Критерий | Показатели към критерия | Брой точки (примерен) | Друга информация |
|---------------------------|-----------------------------|---|-----------------------|--|
| 1 | Цена на инвестицията | Структура на цената | 30 | Задава се поелементни в количествено-стойностна сметка |
| 2 | Енергийна ефективност | Показател за определяне потреблението на енергия за осветление в сградата LENI, kWh/m ² .година. | 25 | Оценява се по методологията съгласно [7] LENI (Lighting Energy Numeric Indicator)] |
| 3 | Ергономична ефективност | Показател ELI | 30 | Елементи съгласно табл. 2 [8] ELI (Ergonomic Lighting Indicator) |
| 4 | Експлоатационна ефективност | Ремонтпригодност | 5 | В индустрията има квалифициран експлоатационен персонал |
| 5 | Естетичност | Художествено оформление и дизайн | 10 | Елементи съгласно табл. 3 |
| Максимален общ брой точки | | | 100 | - |

Ергономична оценка на осветлението. Ергономичността на осветлението се оценява чрез показателя ELI. В табл.2 е предложено разширение на системата със съответните показатели и изисквания за провеждането на оценката за ергономичност. Оценката на всеки от критериите става по 5-бална система. Графичната интерпретация на оценките става чрез радарна диаграма. Общата оценка по показателя е: $ELI = \sum el_{ij}$, където el_{ij} са съответно петобалните оценки по петте възприети критерии за оценка на показателя ELI - ($j = 1 \div 5$).

Естетичност на осветлението. Целесъобразно е оценката по критерий 5 да се проведе от експертна група от най-малко 5 специалисти в областта на индустриалния дизайн (с опит в светлинния дизайн). Оценките се дават по примерната скала за оценка съгласно табл.3. По индивидуалната оценка $N_{5,j,k}$ на всеки от членовете на експертната група $k = 1 \dots p$ се формира средноаритметичната оценка по критерия N_j която се задава при оформяне на крайното решение по процедурата за всеки от участниците ($j = 1 \dots m$):

$$N_{5,j} = 1/p \sum_{j=1 \dots m; k=1 \dots p} N_{5,j,p} \quad (1)$$

Таблица 2

Критерии, характеризиращи показателя за ергономичност ELI

| № по ред (j) | Критерий | Показател към критерия | Изискване за изпълнение на показателя |
|--------------|--|--|---|
| 1 | Изпълнение Performance (съгласувано с изискванията на светлотехнически стандарт) | Осветеност Illuminance | Необходимо ниво на поддържаната осветеност. |
| | | Контрол (ограничаване на заслепяването) Glare Ниска яркост Low luminance | Директен контрол на заслепяването (URG≤19) За избягване на отраженията на компютърните екрани: $L_{65^\circ} \leq 1000 \text{ cd/m}^2$ |
| 2 | Външен вид Appearance | Пространство Space | Ярко, открито и приятно пространство (вързка с външната среда чрез осветителните отвори за естествено осветление) |
| | | Цвят Colour | Корелирана цветна температура; Индекс на цветопрераждане. |
| 3 | Комфорт Comfort | Сенки Shadows | Меки сенки, нито прекалено тежки, нито прекалено дифузни. |
| | | Моделиране Modelling | Цилиндрична осветеност (насищане на пространството със светлина), приятно осветяване на повърхностите (вкл. адекватно разпределение на яркостите в зрителното поле). |
| 4 | Емоционално въздействие Emotion | Разпределението на светлината Light distribution | Архитектурно-художествено осветление на повърхности и предмети в помещенията (доколкото това е целесъобразно и изпълнимо в индустриалните помещения, но е препоръчително при възможност). |
| | | Предпочитание Preference | Лично предпочитание за светлинната ситуация (например лично ориентиране и подреждане на работното място и на светлинната система). |
| 5 | Индивидуалност Individuality | Собствена светлина Own light | Индивидуално осветление, предназначено за отделно ползване на конкретното работно място (светлинно зонизиране). |
| | | Индивидуално управление Individual control | Индивидуално управление на осветлението според нуждите на работника (напр. в зависимост от възрастта). |

Таблица 3

Оценка по критерий 5. Естетичност (дизайн)

| Критерий 5 | Оценка по критерия | Експертна оценка по 5-балната система | Нормализиране на експертната оценка с максималния брой точки по критерия |
|--|---|---------------------------------------|--|
| Естетичност (дизайн) | Висока оценка (позитивен статус на пълна приемственост, оригинален дизайн с художествена стойност (регистриран дизайн на изделието в Office for harmonization in the internal market (OHIM) – Аликанте, Испания) | 4 | 10 |
| | Много добра оценка (позитивен статус на пълна приемственост) | 3 | 7.5 |
| | Добра оценка (позитивен статус на частична приемственост) | 2 | 5 |
| | Задоволителна оценка (негативен статус на частична неприемственост) | 1 | 2.5 |
| | Незадоволителна оценка (негативен статус на пълна неприемственост) | 0 | 0 |
| Максимален брой точки по критерия | | - | 10 (табл.1,ред 5,колона 4) |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Осветителите заемат I^{60} ниво в четири степенната система от нива (0-III) на светлинната организация.

Индустриалното осветление е с доминация на функционалното приложение, като напоследък се наблюдава тенденция за по-видимо присъствие и на художествения елемент в общия вид на индустриалните осветителни тела.

В някои специфични индустриални отрасли се реализира паритет между функционалното приложение и художествения елемент. Функционалното осветление осигурява светлинната среда за извършване на зрителни задачи, свързани с постигане на производителност и качество на труда.

2. На настоящия етап на развитие в светлодиодната техника и технологии са актуални светлинният ретрофит и създаването на специални конструкции светлодиодни осветители. Следва да се намери баланс между вторичната оптика и рефлекторите, както и да се прилагат адекватни разсейватели предвид високата яркост на светлодиодите.

3. Предложени са разширения към съществуващите системи (табл.1 и 2) за оценка на инвестиционните светлотехнически решения със съответните показатели и допълнителни изисквания към критериите. Формулирана е оценъчна система (табл.3) за експертна оценка на естетичността на светлотехническите изделия.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Kyuchukov T. Systematic and Methodical Approaches to Lighting Design. "SATI" System. 9th International Congress "Machines, Technologies, Materials" 19 - 21.09.2012, Varna, Bulgaria. Machines Technologies Materials. International virtual journal for science, technics and innovations for the industry. Year VI, Issue 10/2012 (ISSN 1313-0226).

[2]. Дюе Д. Светильники со светодиодами с пониженной блёскостью для эргономичного офисного освещения (ALANOD GmbH & Co. KG, Эннепеталь, Германия). Светотехника, 2013, № 1

[3]. Кючуков Т. Съвременни индустриални осветители. Научни трудове на Русенския университет, 2013

[4]. БДС EN 60598-1:2008. (IEC 60598-1:2008, с промени) Luminaires - Part 1: General requirements and tests.

[5]. Minnerup Jörg; Kilian Topp. Praktische Werkzeuge für den Beschaffungsprozess bei der Straßenbeleuchtung. Bewertungsmatrix für Energieeffizienz und Produktqualität & Auswahl geeigneter Kriterien. Trilux GmbH & Co. KG, Fachverband Licht im ZVEI, 2012

[6]. Nitschke, Kai. Beschaffung von Straßenbeleuchtung: Praktische Werkzeuge zur Bewertung und Auswahl AG Öffentlichkeit und Politik im Fachverband Licht des ZVEI e. V., Strassen-und Aussenbeleuchtung 2012, Warnemunde, 2012

[7]. EN 15193 Energy performance of buildings. Energy requirements for lighting)) и БДС EN 15193:2009). Енергийна ефективност на сгради. Енергийни изисквания за осветление

[8]. Dehoff P. Management of Lighting Efficiency and Human Needs. Ligt Newsletter. Engagement of the Zumtobel brand. (<http://www.zumtobelgroup.com/en/4629.htm>)

За контакти:

д-р инж.-дизайнер Теодор Кючуков, Катедра „Промишлен дизайн“, Русенски университет „Ангел Кънчев“, e-mail: tkyuchukov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.