

## ЕНЕРГИЕН ФОРУМ 2022

### ОТНОСНО НОРМАТИВНИТЕ ИЗИСКВАНИЯ И СТАНДАРТИ ЗА ЕНЕРГИЙНА ЕФЕКТИВНОСТ НА ОСВЕТИТЕЛНИ УРЕДБИ

Димитров Ц.Д. ,Самет И.И. ,Киров Р.М.  
ТУ ВАРНА

### ABOUT THE REGULATORY REQUIREMENTS AND STANDARDS FOR ENERGY EFFICIENCY OF LIGHTING SYSTEMS

Dimitrov Ts.D. ,Samet I.I. ,Kirov R.M.  
TU VARNA

*Resume: In recent years, issues related to energy efficiency of luminaire systems are essential for their construction. In the work an attempt was made to systematize these regulations and to assess their importance and applicability.*

#### I. Въведение

Последните години въпросите свързани с енергийната ефективност на ОУ са от съществено значение за тяхното изграждане. В работата е направен опит за систематизиране на тези нормативни документи и за оценка на тяхната значимост и приложимост.

#### II. Изложение

Първият самостоятелен закон за енергийна ефективност (ЗЕЕ) е приет през 2004г. През 2008г. за транспониране на Директива 2006/32/ЕО относно ефективността при крайното потребление на енергия и предоставянето на енергийни услуги и Директива 2002/91/ЕО относно енергийните характеристики на сградите, беше приет нов Закон за енергийна ефективност. През март 2013г. бе приет закон за изменение и допълнение на закона на енергийната ефективност, който транспонира изцяло Директива 2010/31/ЕС относно енергийните характеристики на сградите.

#### **Цели на енергийна ефективност в съответствие със ЗЕЕ [5]**

Националната цел за енергийна ефективност се определя като количество спестявания в първично и крайно енергийно потребление до

31/12/2020 година , което трябва да доведе до повишаване на енергийната ефективност с 25% до 2020 и 50 % намаляване на енергийната интензивност сравнено с нивата на 2005 година.Критерият „годишно потребление на енергия“ не е предвиден по Директива 2012/27/ЕС за енергийна ефективност, но Директивата е задължителна за държавите членки само по отношение на поставената цел. Държавите членки могат да въведат в националното законодателство по-строги изисквания с оглед постигане на задължителната цел.

## Стандартизация

На европейско равнище, процесът по стандартизация на управление на енергията бе инициран през май 2005г. в Европейския комитет по стандартизация (CEN) (под председателството на AFNOR –Франция) , което позволи влизането в сила от 1 юли 2009г. на европейски стандарт за управление на енергията, а именно стандартът EN 16001:2009 [6]. Това от своя страна ускори процеса по стандартизация в международен план . През 2008г. бе създадена работна група ISO/PC242 „Енергийно управление“ със задача да започне работа по международния стандарт ISO 50001 за управление на енергия (под ISO 50001:2011)[7]. Сега е налице единствен световен стандарт за системи за управление на енергията (ISO 50001), който от 24.06.2012г. замени Европейския стандарт EN 160001, тъй като не бе предвидено да са в сила едновременно и двата стандарта [7].

Стандартите за енергиен мениджмънт, енергийни обследвания и определяне на енергийните спестявания са в обхвата на Технически комитет 79 „Електроенергетика“ на БНС.В последните години има голямо развитие в тази насока във връзка с осъзнатата нужда от стандартизиране на процеса и осигуряване на по-добра защита на клиентите относно качеството на обследванията. Стандартите за определяне на енергийните спестявания се използват за определяне на националните и индивидуалните цели и резултати от предприети мерки за енергийна ефективност.

**Большинството от представените в табл.1 стандарти се отнасят до сградната инфраструктура в известна степен до транспорта, одитират се някои потребители и системи, а също така се разглеждат възможностите за ограничаване на парниковите емисии. Липсват нормативни документи за осъществяване на задълбочен анализ и създаване на директиви за постигане на електроенергийна ефективност (ЕЕЕФ) в електрическите системи.**

Табл.1 Приложими действащи стандарти в областта на енергийния мениджмънт

Стандарт	Област на действие
<p><b>БДС EN ISO 50001:2011</b> Системи за управление на енергията. Изисквания с указания за прилагане. Действащ от 16.12.2011 16001:2009 на 2021-05-17</p>	<p>Целта на стандарта е да позволи на организациите да се установят системите и процесите,необходими за да се подобрят енергийните характеристики,включително енергийната ефективност, използването и потреблението на енергията.Прилагането на този стандарт има за цел да се доведе до намаление на емисиите на парникови газове и други свързани въздействия върху околната среда и енергийните разходи чрез систематичното управление на енергията.</p>
<p><b>БДС EN 15900:2010</b> Услуги за енергийна ефективност. Определения и изисквания. Действащ от 17.10.2012</p>	<p>Стандартът поставя минимални изисквания за предоставяне на енергийни услуги.</p>
<p><b>БДС EN 16247-1:2012</b> Енергийни одити. Част 1 : Общи изисквания Действащ от 17.07.2014</p>	<p>Определяне изискванията, общата методология и документите по отношение на енергийни одити.Прилага се за всички видове предприятия и организации,всички видове енергия и използване на енергията с изключение на отделни частни жилища.</p>
<p><b>БДС EN 16247-2:2014</b> Енергийни одити Част 2 : Сгради Двйстващ от 17.07.2014</p>	<p>Определян изискванията,методологията и документите от енергийния одит в дадена сграда или група от сгради,с изключение на отделни частни жилища.Ако в обхвата на енергийния одит са включени сгради одита може да избере да прилага БИ 16247-2.Ако транспортът на място е включен в обхвата на обследването на енергийна ефективност,енергийният одитор може да избере да прилага БИ 16247-4. Изборът за решение да се прилагат части 2 и 4 може да се направи предварително.Осигурява допълнителни изисквания към БИ 16247-1 и се прилага заедно с него.</p>

<p><b>БДС EN 16247-3:2014</b>  Енергийни одити. Част 3 : Сгради Двйстващ от 17.07.2014</p>	<p>Определя изискванията, методологията и документите от енергийния одит в рамките на един процес. Тази част се прилага за обекти в транспорт (сухопътен, железопътен, морски и въздушен транспорт), както и различните зони на действие (местни и за дълги разстояния) и това, което се транспортира (основно стоки и хора). Осигурява допълнителни изисквания към БИ 16247-1 и се прилага заедно с него.</p>
<p><b>БДС EN 16247-4:2014</b>  Енергийни одити. Част 4 : Сгради Двйстващ от 17.07.2014</p>	<p>Определя изискванията, методологията и резултатите, специфични за енергийни одити в транспортния сектор, за различните видове транспорт (сухопътен, железопътен, морски и въздушен транспорт), както и различните зони на действие (местни или на дълги разстояния) и това, което се транспортира (основно стоки и хора). Осигурява допълнителни изисквания към БИ 16247-1 и се прилага заедно с него.</p>
<p><b>БДС EN 16231:2012</b>  Методологията за сравнителен анализ (бенчмаркинг) на енергийната ефективност. Действащ от 17.10.2014</p>	<p>Определя изисквания и дава препоръки за методика за сравнителен анализ на енергийната ефективност с цел да се установят съответните данни и показатели за потреблението на енергия. Може да бъде или вътрешен (в рамките на определена организация) или външен (между организации, включително и конкуренти)</p>
<p><b>БДС EN 16212:2012</b>  Енергийна ефективност и изчисляване на енергийни спестявания. Методи „отгоре-надолу“ и „отдолу-нагоре“</p>	<p>Обхваща двата метода за изчисляване на енергийни спестявания метода „отгоре надолу“, основаващ се на енергийните индикатори, които често се изчисляват от статистическите данни и метода „отдолу нагоре“, който отчита дейности при крайните потребители и подпомагащи мерки повишаване на енергийната ефективност.</p>

**БДС EN 15459:2008**

„Енергийна характеристика на сградите.Процедура за икономическа оценка на енергийните системи в сгради.“

Стандартът предоставя метод за изчисление на икономически показатели при отоплителни и други системи, които са потребители на енергия в сградите. Този стандарт е приложим за всички видове сгради.

През последните години в резултат от развитието на технологиите се създадоха сгради, в които са изградени системи с възможност за регулиране, управление и мониторинг на енергийните процеси. В САЩ експериментално са създадени сгради с „нулева“ консумация, които освен че не ползват външна енергия могат да произвеждат енергиен излишък, който да се трансферира и търгува на енергийния пазар. За управление то диспечерски център и т.н интелигентни мрежи, които се мениджират междусградните енергийни потоци.

- Светлинен комфорт [8,9,10]

Удовлетворяване на изискванията за светлинен комфорт може да се постигне чрез достигане на специфичните енергийни мерки за паспортизиране на осветителна система SEM Lighting zone мярката за енергийната ефективност на осветителните тела е:

$$SEM_{\text{lamps}} = P_n / \Phi \text{ [W/lm]} \quad (1)$$

където:  $P_n$  [W] – номинална електрическа мощност;  $\Phi$  [lm]- светлинен поток;

- Енергийни разходи за осветление [10]:

$$C_e = [K_t K_{\text{пра}} P_{\text{инст}} (1 + \Psi (\Delta U_{\text{ср}} / 100)) + Q_{\text{кб}} \Delta P_{\text{к}}] \cdot T \cdot \beta_{\text{ср}} \text{ [лв]} \quad (2)$$

където:  $K_t$  - е коефициент на търсене за осветителни уредби,  $K_{\text{пр}}$  - коефициент, с който се отчитат загубите на електрическата енергия в ПРА;  $\Psi$  - коефициент, с който се отчита разпределението на лампите по захранващата линия;  $\Delta U_{\text{ср}}$  - загубата на напрежение от трансформаторното табло на лампите, намиращи се на средата на осветителната електрическа мрежа, %;  $Q_{\text{кб}}$  – реактивна мощността на кондензаторите за подобряване  $\cos$ ;  $\Delta P_{\text{к}}$  – относителна загуба на активна мощност в кондензаторите, Kw/kVA;  $T$  - сумарната средногодишна продължителност на включване на осветлението h;  $\beta_{\text{ср}}$  – средногодишна цена на електрическата енергия за осветление, лв/kWh.

Изисванията към осветителни уредби в сгради, касаещи енергийната им ефективност, се дефинират от стандарт EN 15193 [11]. Като индикатор се използва специфичния годишен показател LENI (Lighting Energy

Numeric Indicator).

$$LENI=W_{\text{осв.ел.}}=(W_{L+} W_p)/A, [\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{год.})] \quad (3)$$

където: А-обща разгъната осветяема площ на сградата [m<sup>2</sup>] ; W<sub>L</sub>-количеството енергия консумирана от осветителната уредба за осигуряване на необходимата светлинна среда [kWh/год.]. W<sub>p</sub>-паразитна енергия, свързана със загубите в акумулаторните елементи на аварийното и евакуационно осветление и stand-by функциите на системата за управление на осветлението [kWh/год.].

Изчислението им се извършва по следните формули:

$$W_L=\sum[(P_N F_c)(t_D F_o F_D+t_N F_o)]/1000, [\text{kWh}/\text{год.}] \quad (4)$$

$$W_p=\sum [P_{PC}(t_Y-t_D-t_N)+P_{EM}t_{EM}]/1000, [\text{kWh}/\text{год.}] \quad (5)$$

където: P<sub>N</sub>-инсталирана мощност [W] ; P<sub>PC</sub>-обща паразитна мощност [W] ; P<sub>EM</sub>- обща зарядна мощност на евакуационни и аварийни осветители [W] ; t<sub>y</sub>-годишен времеви период 8760ч. ; t<sub>D</sub>-времеви период за работа на осветителите в светлата част на денонощието [ч] ; t<sub>N</sub>-времеви период за работа на осветителите в тъмната част от денонощието [ч] ; t<sub>EM</sub>-времеви период за заряд на аварийните и евакуационни осветители [ч] ; F<sub>c</sub> – фактор зависещ от използването на инсталирана мощност , F<sub>c</sub>=(1+MF)/2; F<sub>o</sub>-фактор зависещ от присъствието (отсъствието) на хора; F<sub>D</sub>-фактор зависещ от използването на естественото осветление.

Отделните фактори за всеки конкретен обект се изчисляват с използването на приложенията в EN15193.

Стандарта въвежда и ергономичен индикатор ELI (Ergonomic Lighting Indicator), по който се оценява светлинната среда по критерий за визуалност , перспектива, комфорт, жизнена среда и индивидуалност. Всяка една от тези характеристики се оценява по 5-бална скала (табл.2) и в зависимост от разхода на енергия и управлението на осветлението се дефинират класове в 4 категории – А,В,С и D.

Електроенергийната ефективност на осветителните уредби се оценява също така с помощта на аболютни и относителни показатели [2,3,4]. Съществува голямо разнообразие от такива показатели (табл.3), което говори за липса на унификация и формулиране на комплексен подход, представящ осветлението като производствен фактор, участващ в пазарна среда като потребител на ел. енергия с вложен капитал и период на възвращаемост.

Енергийната ефективност на улични ОУ се оценява чрез два количествени индикатора отнесени за група М на уличните уредби[2]:

- Специфична плътност на мощността  $D [W/m.m^2]$

$$D = P \sum_{j=1}^n E_j \cdot A_j \quad (6)$$

където: P- мощност на ОУ [W] , в която се включва мощността на източниците, драйверите, системата за управление, сензорите, измервателните уреди и др. ; $E_j$  – средна осветеност на осветения елемент j [lx] , $A_j$  – площ на j-я осветен елемент ; n-брои на осветените елементи.

При димиране мощността P на ОУ се променя динамично и индикатора D се определя поотделно за всеки период на димиране.

• Плътност на годишната консумация на електрическа енергия  $ECLy$ [kWh/m<sup>2</sup>]:

$$ECLy = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m P_{ik} t_{ik} \right) / 10^3 \cdot \sum_{j=1}^n A_j \quad (7)$$

където: P<sub>ik</sub>-включена мощност през периода i на площта k [kW] , t<sub>ik</sub>-продължителност на периода на осветяване j на площта K[h] ; A<sub>j</sub> – площ на повърхността j [m<sup>2</sup>] ; m и n – брой на различните периоди на осветяване k и различните повърхности i , които трябва да бъдат осветени.

Посочените два индикатора определят енергийната ефективност за трите светотехнически класа – M, C и P като стандарта не определя гранични стойности за тези показатели , но въвежда референтни стойности (benchmarking) за 8 типа схеми на геометрията на пътя, разположението на осветителите и пътната настилка. За всяка от типичните схеми са дадени табличен вид (табл.4) ширината на пътя , броя на лентите , височината на окачване на осветителя , надвес над пътя и разстоянието между осветителите, като референтните индикатори за класове M<sub>1</sub>-M<sub>6</sub> се определят съобразно табличните данни и в зависимост от експлоатационния фактор, класа на пътната настилка и стойността на Q<sub>0</sub>.

Изисквания на стандарта за улични ОУ се отнасят само до фотопично (дневно) зрение, като понастоящем в CIE се подготвят препоръки за фотометриране и нормиране на мезопичното зрение.

Табл.2 Критерий за ергономичност на осветлението ELI

	<b>Критерий</b>	<b>Показател към критерия</b>	<b>Изискване за изпълнение на показателя</b>
№	1	2	3
1	Изпълнение (съгласуване с изискванията на светотехническият стандарт)	Осветеност	Необходимо ниво на хоризонталната осветеност според изискванията експлоатационна осветеност
		Контрол ограничаване на заслепяването	Директен контрол на заслепяването
		Ниска яркост	За избягване на отраженията на компютърните екрани
2	Външен вид	Пространство	Ярко открито и приятно пространство
		Цвят	Естествена цветна температура индекс на цвето предаване
3	Комфорт	Сенки	Меки сенски ,нито прекалено тежки , нито прекалено дифузни
		Моделиране	Цилиндрична осветеност,приятно осветяване на повърхностите
4	Емоция	Разпределение-то на светлината	Архитектурно осветление на повърхности и предмети в стаята
		Предпочитане	Лично предпочитане на светлинната ситуация
5	Индивидуалност	Собствена светлина	Индивидуално осветление, индивидуално управление на осветлението
		Индивидуално управление	Осветление предназначено за отделно ползване



Табл.3 Относителни показатели за оценка на ОУ

№	Показател	Формула и дименсия	Обяснение
1	Фактор на енергийна ефективност (теоритичен)	$EEF_T = \eta_3 \cdot k' \cdot EF \left[ \frac{lm}{W} \right]$	- коеф. на използване на ОУ спрямо работна повърхност, к-светлиннен добив на светлинните източници, вкл. И загубите в ПРА ; EE=1/кр - експлоатационен фактор ; kg-коеф. на запаса на ОУ
2	Фактор на енергийна ефективност (реален)	$EEF_T = \frac{E_{cp} \cdot S}{P_{вх}} \left[ \frac{lm \cdot m^2}{W} \right]$	Е <sub>ср</sub> - средна осветеност на работната повърхност [lx] ; S - площта на помещението [m <sup>2</sup> ] ; P <sub>вх</sub> - мощност на входа на ОУ [W]
3	Относителна площова мощност на ОУ	$P_s = P/S \left[ \frac{W}{m^2} \right]$	P - инсталирана мощност на ОУ заедно с ПРА и компенсиращи кондензатори [W]
4	Относителна спрямо E мощност	$P_E = \frac{P}{S \cdot E} \cdot 100 \frac{W}{m^2 \cdot lx}$	E - реализирана осветеност на ОУ [lx]
5	Годишен разход на ел.енергия за 1kW осветителен товар	$C_T = T \cdot \beta_3 \frac{лв}{kW}$	β <sub>ср</sub> - средно годишна цена на ел.енергия за разглеждана ОУ , [лв./kWh]
6	Относителна стойност на електрическата енергия за осветление за единица произведена продукция на едно работно място	$C_0 = \frac{C_{ерм}}{M_{год}} \left[ \frac{лв}{1_{прод} \cdot 1_{раб.м.}} \right]$	Серм. - годишни разходи за ел.енергия за осветление отнесено за едно работно място [лв]; M <sub>год</sub> - годишен обем на произведената продукция от едно работно място в натурни единици

7	Коефициент на светлинна ефективност на разглеждан осветител	$LER = \frac{\Phi_{л} \cdot BEF \cdot \eta_{осе}}{P_{осе}} \left[ \frac{lm}{W} \right]$	Фл - светлинен поток на лампите в осветителя [lm]; BEF - коеф. на ефективност на ПРА ; кпд на осветителя; P осв-консумирана мощност на осветителя [W]
8	Относителна мощност на заменяща ОУ към базовата мощност		P1 , P2 - консумирани мощности съответно на базовата ОУ имаща по-лоши характеристики към заменящата ОУ [W]

Табл. 4 Геометрия на осветителната уредба с едностранно подреждане на осветителите- основен път)

Светлинен клас според EN 13 201-2	Ширина на пътя(м)	Брой на лентите	Височина на окачване на осветителя	Надвес над пътя (м)	Разстояние между осветителите (m)
M1	8	2	10	0	40
M2	7	2	10	0	40
M3	7	2	8	0	36
M4	7	2	8	0	36
M5	7	2	7	0	32
M6	6	2	7	0	32

### III. Заключение

Чрез направения систематизиран анализ на нормативните изисквания и стандартизация се вижда ясно ползвата от тяхното прилагане в наши дни. Така е възможно да се даде ясна оценка на състоянието на ОУ и качеството на изработка и експлоатация във времето.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Николай Василев, Кирил Късев , Интелигентно външно осветление с адаптивно управление, София, 2015-ISBN 978-619-160-562-6.

- [2]. П.Петков, Рационализиране на общите енергийни разходи за осветление, отопление . охлаждане и вентилация в производствени сгради , Дисертация, РУ Ангел Кънчев- Русе 2010г.
- [3]. Босри С. , Р.Кючуков, WEB базирана система за енергийни одити на осветителни уредби , Годишник на ТУ-София, том 60 , кн.2, 2010 (II Научна конференция ЕФ 2010 , Созопол 2010г.
- [4]. М.Димитров, Р.Кючуков, Метод и алгоритъм за управление на осветлението в помещения в зависимост от дневната естествена светлина, Енергиен форум, 2011.
- [5]. Закон за енергийната ефективност от 15.05.2015г.
- [6]. EN 16001:2009, Европейски стандарт за управление на енергията.
- [7]. ISO 50001:2011, Световен стандарт за система за управление на енергията.
- [8]. Димитров А., Енергийна Ефективност на сградите, техните системи и инсталации (част първа), София, 2008.
- [9]. Наредба №7/15.2004., изм. 02.2010г. „Енергийна ефективност, топлосъхранение и икономия на енергия в сгради“.
- [10]. Наредба РД 16-1058. 09.2009г., Показатели за разход на ел.енергия и енергийни характеристики на сградите.
- [11]. EN 15193 Energy performance of buildings – Energy requirements for lighting.