



ИЗЧИСЛИТЕЛНИ МЕТОДИКИ ЗА ТЕХНИКОИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ ПРИ ПРОЕКТИРАНЕ НА ОСВЕТИТЕЛНИ УРЕДБИ

Георги ДИМИТРОВ

dimitrov_gd@mail.bg

ВТУ "Тодор Каблешков", 1574, гр. София, ул. "Гео Милев" № 158

БЪЛГАРИЯ

Резюме: Осветителните уредби са основен елемент на електрообзавеждането на промишлени, административни и жилищни сгради. За тяхната реализация могат да се използват различни типове светлинни източници и осветителни тела, съответно с различни техникоикономически параметри.

В доклада са разгледани особеностите на две методики за техникоикономически анализ на осветителните уредби, използваните в момента в България и Германия. Направен е кратък сравнителен анализ на различните методики, въз основа на който са формулирани изводи и са дадени препоръки за приложението им в практиката.

Ключови думи: Осветление, Проектиране на осветителни уредби, Методики за техникоикономически анализ

ВЪВЕДЕНИЕ

Осветителните уредби /ОУ/ са особен вид електрически уредби, които при проектирането им условно могат да се разглеждат като състоящи се от две части – светлотехническа и електрическа [1].

В светлотехническата част се решават всички въпроси, свързани с качествата на ОУ (т.н. качествени и количествени показатели на осветлението) свързани с по-добро възприемане на наблюдаваните обекти и околното пространство, хигиена на зрението и стабилната работа на осветителите.

В електрическата част се решават въпросите, свързани с непрекъснатостта на електрозахранването, електрическата и пожарната безопасност на ОУ.

Върху икономическата ефективност на осветителните уредби решаващо значение има светлотехническата част. Характерно за светлотехническата част на проектите, за какъвто и да е обект е, че избраните показатели могат да се реализират многовариантно (с различни видове осветителни тела по брой, мощност и тип на

лампи, осветители с различни отражателни системи и разположение и др.). Поради тази особеност, в началния стадий на проектирането (например във фазата идеен проект), целесъобразно е да се разработват варианти само за светлотехническата част, те да се сравнят помежду си и да се избере оптималния вариант на ОУ.

Електрическата част и цялостният технически проект да се прави като втори стадий на проектиране само върху оптималния вариант на светлотехническата част. При един такъв подход би се намалил проектантския труд и би се обърнало по-голямо внимание на светлотехническата част на ОУ.

При проектиране на вариантите за светлотехническата част трябва да се решат следните групи въпроси [1]:

1. Да се изберат обосновани стойности за светлотехническите показатели.

2. Да се изберат:

- тип на осветителите, вкл. светлоразпределителните им криви;

- вид, брой и мощност на лампите в едно осветително тяло;

- брой, местоположение в пространството и начин на монтаж на осветителите.

3. Да се определят:

- вид, размер и място на монтаж на специалните конструкции или съоръжения, върху които ще се монтират осветителите (окачени тавани, конзоли, колони, и др.);

- вид, място на монтаж и др. характерни данни за апаратите, управляващи осветителите.

4. Да се направи икономическо сравнение на вариантите по избрана методика и да се определи оптималния вариант.

Опитният проектант би могъл, чрез разработване на 2-3, максимум 4 варианта, да намери или да се доближи максимално до оптималния такъв за светлотехническата част на осветителната уредба. В доклада са разгледани две методики за обективна оценка на икономическата ефективност на вариантите.

МЕТОДИКА ЗА ТЕХНИКОИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА ОУ, ПРИЛАГАНА У НАС

Дълги години у нас за технико-икономически анализ на вариантите проектни решения на осветителните уредби се използва методиката посочена в [2].

Определяне на приведените годишни разходи

Пресмятането на приведените годишни разходи Z_i на инвестиционни проекти за i -тия вариант се извършва по формулата:

$$Z_i = C_i + p_n \cdot K_i \quad (1)$$

където C_i са общи годишни експлоатационни разходи за дадения вариант, лв./год;

p_n – нормативен коефициент на ефективност на инвестициите, год.⁻¹;

K_i – размер на инвестициите за дадения вариант, лв.

Трябва да се отбележи, че формула (1) не отчита качествените показатели на проектираните уредби. Затова при разработката на вариантите техните стойности трябва да се приемат съгласно нормените предписания в [3].

Общите годишни експлоатационни разходи се пресмятат по формулата:

$$C_i = C_a + C_{III} + C_e \quad (2)$$

където C_a са годишни разходи за амортизационни отчисления, лв./год.;

C_{III} – годишни разходи за текущо поддържане, лв./год.;

C_e – годишни разходи за консумирана енергия, лв./год.

В началните капиталовложения K , лв се включват всички разходи по изграждане на осветителните уредби. Най-пълно и точно тези разходи са отразени в стойностната сметка, която се определя във фаза работен проект.

Понастоящем е целесъобразно инвестиционните разходи за енергоефективни мерки да се определят чрез използване цените на конкретни доставчици, избрани от инвеститорите чрез тръжна или друга процедура. Нормативният срок за откупуване на уредбите в областта на енергийното строителство у нас е 10 години ($p_n = 0,1$), но когато става въпрос за прилагане на енергоефективните мерки, нормативният коефициент на ефективност на инвестициите p_n се избира равен на $0,2$, т.е. срока за откупуване на инвестициите да е пет години.

От формула (1) се вижда, че началните инвестиции K участват в приведените годишни разходи с $0,20^{ma}$ част от стойността си, докато годишните експлоатационни разходи C_i могат да имат съществен дял, като размерът им до голяма степен зависи от качествата на проектираната осветителна уредба.

Годишни експлоатационни разходи за изкуствено осветление

Годишните експлоатационни разходи за изкуствено осветление за i -тия вариант се определят, по следната формула:

$$C_i = C_l + C_n + C_a + C_{III} + C_e \quad (3)$$

където C_l са годишни разходи за подмяна на лампите, лв./год.;

C_n – годишни разходи за почистване на осветителите, лв./год.;

C_a – годишните разходи за амортизационни отчисления, лв./год.;
 C_{III} – годишни разходи за текущо поддържане, лв./год.;
 C_e – годишни разходи за консумирана енергия, лв./год.

От формула (3) е видно, че годишните експлоатационни разходи за изкуствено осветление C_i се състоят от пет съставлящи: разходи за подмяна на лампите - C_n ; разходи за почистване на осветителите - C_n ; разходи за амортизационни отчисления - C_a ; разходи за текущ ремонт, прегледи и междуремонтно поддържане - C_{III} ; разходи за консумирана от осветителната уредба електрическа енергия - C_e . Всяка една от тези компоненти поотделно се определя със следните формули:

- разходи за подмяна на лампите:

$$C_n = \frac{T_2}{T_{cp}} \cdot (\alpha_1 + \alpha_2) \quad (4)$$

където T_2 е годишната използваемост на осветителната уредба, h;
 T_{cp} – средна продължителност на светене на лампите (среден живот на лампите), h;
 α_1 – цената на една лампа, лв./бр.;
 α_2 – разходите за подмяна на една лампа в осветителната уредба, лв./бр.

- разходи за почистване на осветителите:

$$C_n = \sum_{i=1}^n m \cdot N_i \cdot b_i \quad (5)$$

където m е броят на почистванията през годината, бр./год.;
 N_i – брой на осветителите от един и същ вид, бр.;
 b_i – разходи за почистване на един осветител от даден вид, лв./бр.
 n – брой на видовете осветители в осветителната уредба, бр.

- разходи за амортизационни отчисления:

$$C_a = \sum_{j=1}^k K_j \cdot \frac{a_j}{100} \quad (6)$$

където K_j са капиталовложенията за елемент (част) от осветителната уредба с еднакъв коефициент на амортизация, лв.;
 a_j – коефициент на амортизация на отделните елементи на осветителната уредба, %;
 k – брой на елементите на осветителната уредба, бр.

- Разходи за текущ ремонт, периодични прегледи и междуремонтно поддържане:

$$C_{III} = K \cdot \frac{k_{III}}{100} \quad (7)$$

където K са капиталовложения за изграждане на осветителната уредба, лв.;
 k_{III} – коефициент за текущ ремонт, прегледи и др., %.

- Разходи за консумирана електрическа енергия от осветителната уредба:

$$C_e = \left[k_T \cdot K_{ПРА} \cdot P_{инст} \left(1 + \psi \cdot \frac{\Delta U_{cp}}{100} \right) + Q_{КБ} \cdot \Delta p' \right] T_2 \cdot \beta_{cp} \quad (8)$$

където k_T е коефициент на търсене за осветителен товар;
 $K_{ПРА}$ – коефициент отчитащ загубите на електрическа енергия в ПРА (КПРА=1,35 за конвенционална ПРА и КПРА=1,05 за ЕПРА);
 $P_{инст}$ – инсталирана мощност на лампите в осветителната уредба, kW;
 ψ – коефициентът, с който се отчита разпределението на осветителите по захранващата линия ($\psi=1$ при концентриран товар и $\psi=2/3$ при равномерно разпределен товар);
 ΔU_{cp} – загубата на напрежение, %;
 $Q_{КБ}$ – реактивната мощност на кондензаторите за подобряване на $\cos \phi$ в осветителни уредби с газоразрядни лампи, kVAr;
 $\Delta p'$ – относителната загуба на активна мощност в кондензаторите, kW/kVAr;

T_2 – годишната използваемост на изкуственото осветление, h;
 β_{cp} – средногодишната цена на електрическата енергия за осветление, лв./kWh.

МЕТОДИКА ЗА ТЕХНИКОИКОНОМИЧЕСКИ АНАЛИЗ, РАЗРАБОТЕНА ПО ГЕРМАНСКИЯ СТАНДАРТ DIN 5035

В Германия и някои други държави в Европейския съюз /ЕС/ се използва друга методика за техникоикономически анализ на осветителни уредби. Тя е разработена въз основа на германския стандарт DIN 5035, който е залегнал в серията стандарти на CENELEC под номер EN 12464, възприети и у нас чрез БДС EN 12464.

Ще бъдат разгледани основните параметри и изчислителни изрази използвани в методиката:

Изчислителни параметри и формули за определяне на амортизационните отчисления

Цена на осветителното тяло (вкл. цената на лампата и ПРА), лв. (euro) - K_L

Цена за монтаж на едно осветително тяло, лв. (euro) - K_{Mon}

Брой на осветителните тела - n

Обща стойност на инвестициите, лв (euro).

$$K_{Inv} = n * (K_L + K_{Mon}) \quad (9)$$

Капиталов интерес, % - k_2

Експлоатационен живот на ОУ, h - t_{Anl}

Годишни разходи за амортизационни отчисления за ОУ, лв. (euro).

$$K_{Anl} = (K_{Inv} / 100) * (k_2 / 2 + 100 / t_{Anl}) \quad (10)$$

Изчислителни параметри и формули за определяне разходите за подмяна и рециклиране на лампите и ПРА

Цена за подмяна на лампа, лв. (euro). - K_{Ers}

Допълнителни разходи (в т.ч. за стартери), лв. (euro). - K_{Zus}

Разходи за изхвърляне и рециклиране на една лампа, лв. (euro) - K_{Ent}

Разходи за подмяна на лампите, лв. (euro) –

$$K_{Wech} = K_{Ers} + K_{Mon} + K_{Ent} + K_{Zus} \quad (11)$$

Брой лампи включени към една ПРА - n_{La}

Икономически живот, h - t_{nutz}

Годишни разходи свързани с подмяна на лампите, лв. (euro)

$$K_{La} = K_{Wech} * n * t_B * n_{La} / t_{nutz} \quad (12)$$

Изчисляване стойността на електрическата енергия при средно претеглена цена

Часове работа на осветлението за денонощие, h - t_t

Брой дни работа на ОУ в годината - T

Часове работа на ОУ за година, h

$$t_B = t_t * T \quad (13)$$

Пълна мощност на един осветител (вкл. загуби в ПРА), W - P_{Sys}

Годишна промяна в цената на електрическата енергия, % - k_3

Коефициент на използване на естественото осветление - e_1

Климатизационен фактор на осветлението - f_{Klima}

Цена на електрическата енергия, лв. (euro) - K_{Str}

Средна цена на електрическа енергия, лв. (euro)

$$K_{Str_0} = K_{Str} * (1 + (1 + k_3 / 100)^{t_{Anl}}) / 2 \quad (14)$$

Годишни разходи за електрическа енергия, лв. (euro)

$$K_{En} = P_{Sys} * t_B * K_{Str_0} * n * (1 - e_1 / 100) \quad (15)$$

Годишни разходи за електрическа енергия за климатизация от осветлението (air-cond.)

$$K_{Klima} = P_{Sys} * t_B * K_{Str_0} * n * (1 - e_1 / 100) * f_{Klima} \quad (16)$$

Пълни годишни разходи за електрическа енергия, лв. (euro)

$$K_{EnGes} = K_{Klima} + K_{En} \quad (17)$$

Изчисляване на приведените годишни разходи за осветление

Общи приведени годишни разходи, лв. (euro)

$$K_{Ges} = K_{Anl} + K_{La} + K_{EnGes} \quad (18)$$

Изчислителни изрази за оценка на ефекта от енергоспестяващи мероприятия

Спестени средства при използване на ЕПРА, лв (euro).

$$K_{Ein} = (K_{LaKVG} + K_{EnGesKVG} + K_{AnlKVG}) - (K_{LaEVG} + K_{EnGesEVG} + K_{AnlEVG}) \quad (19)$$

Спестена енергия при използване на ЕПРА, kWh

$$P_{SparEVG} = (P_{SysKVG} * n_{KVG} - P_{SysEVG} * (1 - e_1 / 100) * n_{EVG}) * (1 + (P_{SysKVG} / P_{SysEVG}) * f_{Klima}) * t_B * t_{Anl} \quad (20)$$

Срок на откупуване на инвестициите (Amortization period), h

$$t_{Amort} = (K_{AnlEVG} - K_{LaKVG}) * t_{Anl} / ((K_{LaKVG} + K_{EnGesKVG}) - (K_{LaEVG} + K_{EnGesEVG})) \quad (21)$$

Изчислителни изрази за оценка на екологичния ефект от прилагането на енергоефективни мероприятия

Икономия на петрол, kg

$$E_{oil} = P_{SparEVG} / 4420 \quad (22)$$

Икономия на въглища, kg

$$E_{Kohle} = P_{SparEVG} / 3256 \quad (23)$$

Намаляване на емисиите CO₂ в атмосферата, kg

$$E_{CO2} = P_{SparEVG} / 1689 \quad (24)$$

Разгледаната методика се използва в Германия и други държави от ЕС за оценка и сравнителен анализ на проектни варианти на нови осветителни уредби, както и за изчисляване на икономическия ефект от прилагането на енергоспестяващи мероприятия при модернизирани ОУ. На база на нея повечето водещи фирми в областта на производството на осветителни тела и лампи имат разработени програми за автоматизирано провеждане на техникоикономически сравнителен анализ на различни проектни варианти [4].

КРАТЪК СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА МЕТОДИКИТЕ

В структурно отношение двете методики не се различават особено помежду си. Основните и съществени разлики са в някои икономически, технически и екологични параметри, включени в отделните компоненти на разходите.

Така например при определяне на разходите за амортизации във формула (6) се отчита само амортизационния коефициент на отделните елементи в осветителната уредба, докато във формула (10) е включена и ефективността на направените инвестиции изразена чрез т.н. капиталов интерес k_2 .

Като други съществени разлики между двете методики могат да се посочат включването като допълнителни компоненти на разхода на средствата необходими за изхвърляне и рециклиране на излезлите от строя лампи, както и допълнителните разходи за електрическа енергия определяни по формула (16), свързани с компенсиране на топлинното излъчване на лампите чрез климатизация.

Нов момент във втората методика е възможността за оценка на ефекта от прилагане на енергоефективни мероприятия свързани с подмяна на конвенционални осветителни тела с нови, притежаващи по-висок клас на енергийна ефективност. С помощта на формули (19), (20) и (21) могат да се изчисляват спестените средства и количества електрическа енергия при използване на различни по енергиен клас осветителни тела, както и срока на откупуване на инвестициите от прилагането на тези мероприятия. В методиката са заложили и емпиричните изчислителни изрази (22), (23) и (24) за оценка на екологичния ефект от спестената електрическа енергия, изразяваща се в определяне на количествата икономисан петрол или въглища, както и намалените емисии CO₂ отделяни в атмосферата.

ИЗВОДИ И ПРЕПОРЪКИ

От направеният кратък анализ могат да се формулират следните изводи:

- между използваната у нас методика за техникоикономически анализ на проектните варианти на осветителните уредби и тази разработена по DIN 5035 не съществуват съществени структурни разлики;
- включените нови компоненти на разхода в методиката, прилагана в Германия, позволяват по-пълно и точно да се определят

действителните годишни приведени разходи за осветление;

■ използваните в методиката по DIN 5035 формули за оценка на ефекта от прилагане на енергоспестяващи мероприятия, позволяват бързо и лесно сравняване на различни варианти при модернизация на ОУ.

На база на формулираните изводи може да се препоръча на специалистите и научните организации работещи в областта на осветлението да актуализират действащата у нас методика в съответствие със съвременните изисквания.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Деянов Д., М. Недева, Оптимален вариант при проектиране на осветителните уредби, XI национална конференция по осветление ОСВЕТЛЕНИЕ–2001, 13 – 15 юни 2001 г., Варна.

[2] Богатев Р. Е., Наръчник по осветителна техника том I, ДИ „Техника”, София, 1977г.

[3] БДС EN 12464-1:2004 СВЕТЛИНА И ОСВЕТЛЕНИЕ. ОСВЕТЛЕНИЕ НА РАБОТНИ МЕСТА, Част 1: Работни места на закрито.

[4] OSRAM Lighting Design Software ECOS, www.osram.com/osram_com/Lighting_Design/Software/ECOS/index.html.

METHODS FOR TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS USING IN DESIGNING THE LIGHTING SYSTEMS

Georgi DIMITROV

*Higher School of Transport “Todor Kableshkov”, 158, Geo Milev str., Sofia
BULGARIA*

Abstract: *The lighting systems is a basic element of electric equipment. In practice they can make with varied luminaries, which have differing technical and economic parameters.*

The paper analyzes some particularities of two methods for technical and economic analysis of the lighting systems, using in Bulgaria and Germany. By means of concise comparative analysis between this methods are recommended their applicability in practice.

Key words: *Lighting, Designing of lighting systems, Methods for technical and economic analysis.*