

## Енергийно-икономически показатели при обследване за енергийна ефективност на външни осветителни уредби

Радослав Кючуков, Садетин Басри

***Energy-economical indicators in surveys for the energy efficiency of outdoor lighting systems.***  
*Determination the usability of external lightning in Bulgaria is based on sunrise and sunset for the particular geographic point. To make energy-economical assessment and energy audit of the external lighting systems is necessary to develop a set of energy-economic indicators.*

*In the report is suggested a method of determination of energy-economical indicators based on the use of civil twilight on inclusion and exclusion of external lighting. Civil twilight is the time before sunrise and after sunset in which external lighting can not be used.*

### ВЪВЕДЕНИЕ

Определянето на енергийно-икономическите показатели на вътрешни осветителни уредби е прието да се извършва в съответствие с критичната естествена осветеност на съответното помещение [1,2]. Управлението на външното осветление (улично осветление, осветление на открити площи и на други обекти, разположени навън на открито) се извършва по осветеност и/или при настъпването на залеза на Слънцето на съответния пункт.

Целта на настоящата работа е разработване на набор от енергийно-икономически показатели на изкуственото осветление за извършване на енергийно-икономическа оценка и обследване за енергийна ефективност (енергийни одити) на външните осветителни уредби (ОУ).

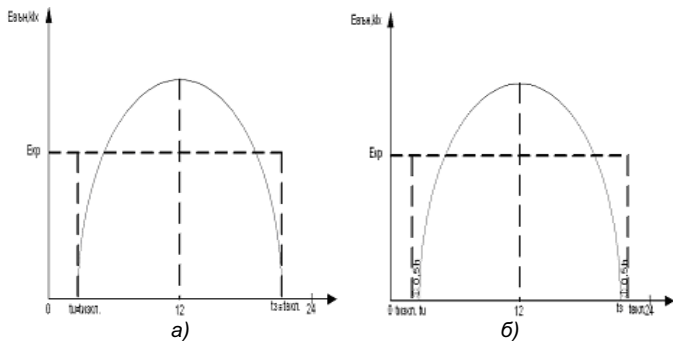
За постигане на поставената цел се решават следните задачи:

1. Разработване на методически подход за оценка на използваемостта на външните осветителни уредби.
2. Специфициране на система от енергийно-икономически показатели за обследване за енергийна ефективност на външни осветителни уредби.
3. Определяне на стойностите на енергийно-икономическите показатели на външното осветление за конкретен пункт.

### ИЗЛОЖЕНИЕ

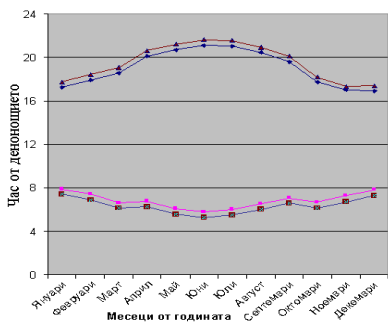
В настоящата работа се предлага методически подход за оценка на използваемостта на външните осветителни уредби (ОУ), базиран на режима на дневната естествена осветеност в съответния пункт. За целта се изхожда от определяне на необходимите моменти на включване (вечер) и изключване (сутрин) на външното осветление по кривите на изменение на дневната естествена осветеност (фиг.1). Икономия на електрическа енергия за външно осветление може да се реализира чрез използване на т. нар. граждански полумрак, който представлява времето преди изгрев и след залез на Слънцето, през което външното осветление може да не се използва. В условията на светлинния климат на България продължителността на гражданския полумрак е по около 0,5 h преди изгрева и след залеза на Слънцето [3]. Тази възможност е представена чрез сравнение на моментите на включване и изключване на ОУ с и без отчитане на гражданския полумрак.

На фиг. 2 е даден годишният ход на моментите на включване и изключване на външното осветление при настъпване на изгрев и залез на Слънцето и съобразено с използването на гражданския полумрак (включването на външното осветление става по 0,5 h час след залеза, а изключването половин час преди изгрева на Слънцето) - за град Русе (фиг. 1а и 1б).



Фиг. 1. Графично представяне на моментите на включване (вечер) и изключване (сутрин) на външното осветление.

а) Включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето;  
 б) Включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето с отчитане на гражданския полумрак.



Фиг. 2. Годишен ход на моментите на включване и изключване на осветителната уредба (ОУ) за външно осветление

За енергийно-икономическа оценка на външни осветителни уредби се предлагат следните енергийно - икономически показатели:

- използваемост на външното осветление по тарифни зони -  $T_{дi1}, T_{дi2}, T_{дi3}$ ;
- денонощна използваемост на външното осветление;

$$T_D = T_{дi1} + T_{дi2} + T_{дi3} \quad (1)$$

- месечна използваемост на външното осветление;

$$T_M = \sum_{i=1}^{30} T_{дi} \quad (2)$$

- годишна използваемост на външното осветление;

$$T_r = \sum_{i=1}^{12} T_{Mi} \quad (3)$$

- средномесечна цена на електрическата енергия;

$$\beta_{ср.мес} = \frac{\beta_1 \cdot T_{M1} + \beta_2 \cdot T_{M2} + \beta_3 \cdot T_{M3}}{T_M} \quad (4)$$

- средногодишна цена на електрическата енергия;

$$\beta_{ср.год} = \frac{\beta_1 \cdot T_{r1} + \beta_2 \cdot T_{r2} + \beta_3 \cdot T_{r3}}{T_r} \quad (5)$$

- относителен месечен разход на електрическа енергия за 1 kW електрически осветителен товар;

$$C_{мес} = \beta_{ср.мес} \cdot T_M, \text{ лв/kW} \quad (6)$$

- относителен годишен разход на електрическа енергия за 1 kW електрически осветителен товар;

$$C_{\text{год}} = \beta_{\text{ср.год}} \cdot T_{\text{г}}, \text{ лв/kW} \quad (7)$$

където  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  са цените на електрическата енергия съответно през нощната, дневната и върховата тарифни зони, лв/kWh;

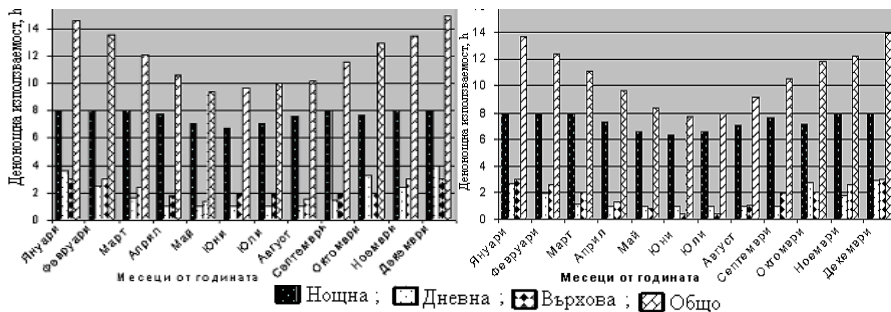
$T_{M1}, T_{M2}, T_{M3}$  - сумарна месечна използваемост съответно за нощна, дневна и върхова тарифни зони, h;

$T_{Г1}, T_{Г2}, T_{Г3}$  - сумарна годишна използваемост съответно за нощна, дневна и върхова тарифни зони, h.

Цитираните по-горе енергийно-икономически показатели на външното осветление са определени за условията на град Русе. Поради разположението на България в тесни географски граници, изведените стойности могат да се използват и за други пунктове в България.

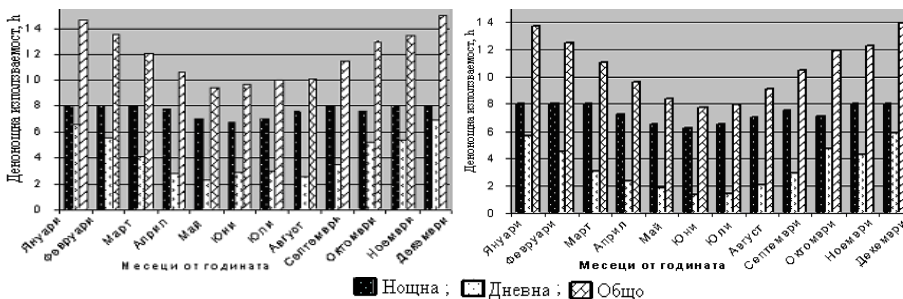
На диаграмите на фиг. 3, 4, 5 са дадени стойностите на усреднената денонощна използваемост на външното осветление през месеците от годината при измерване на електрическата енергия, съответно на три, две и една скали за два случая:

- а) включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето;
- б) включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето с отчитане на гражданския полумрак.



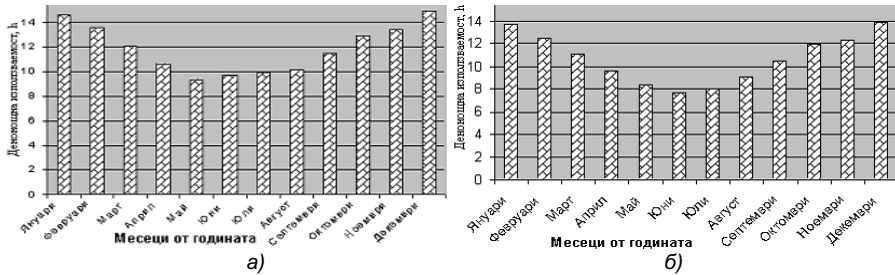
а) б)

Фиг. 3. Усреднена денонощна използваемост на външното осветление през месеците от годината при три тарифни зони. а) Включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето; б) Включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето с отчитане на граждански полумрак



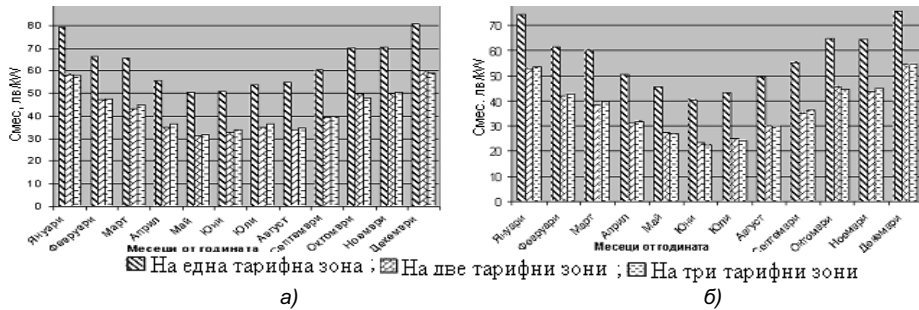
а) б)

Фиг. 4. Усреднена денонощна използваемост на външното осветление през месеците от годината, при две тарифни зони. а) Включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето; б) Включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето с отчитане на граждански полумрак



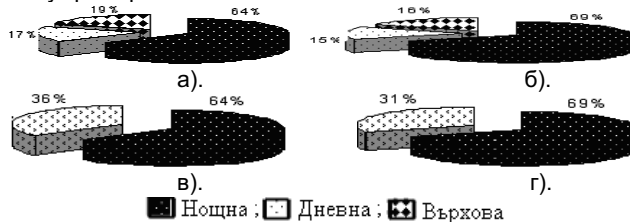
Фиг. 5. Усреднена денонощна използваемост на външното осветление през месеците от годината, при една тарифна зона. а) Включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето; б) Включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето с отчитане на граждански полумрак

На диаграмата на фиг. 6 са дадени стойностите на месечните разходи за заплащане на електрическата енергия за 1kW електрически осветителен товар за външно осветление - показателят  $S_{мес}$ , лв/kW - при измерване на електрическата енергия, съответно на три, две и една скали за цитираните по-горе два случая. Това е направено съответно без и с отчитане на граждански полумрак.



Фиг. 6. Стойности на показателя  $S_{мес}$ , лв/kW за една, две и три тарифни зони. а) Включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето; б) Включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето с отчитане на граждански полумрак

На диаграмата на фиг. 7 е представено разпределението на относителния дял на използваемостта на външното осветление по тарифните зони - без и с отчитане на гражданския полумрак при включването и изключването на външното осветление.



Фиг. 7. Относителен дял използваемостта по тарифните зони без и с отчитане на гражданския полумрак при включването и изключването на външното осветление. а) без отчитане на граждански полумрак за три тарифни зони; б) с отчитане на граждански полумрак за три тарифни зони; в) без отчитане на граждански полумрак за две тарифни зони; г) с отчитане на граждански полумрак за две тарифни зони

От направените пресмятания за една година стойността на показателя  $C_{\text{год}}$  е:

а) включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето:

- при измерване на три скали – 522,68 лв/kW;
- при измерване на две скали – 517,18 лв/kW;
- при измерване на една скала – 759,52 лв/kW;

б) включване и изключване на външната ОУ при залез и изгрев на Слънцето с отчитане на гражданския полумрак:

- при измерване на три скали – 451,62 лв/kW;
- при измерване на две скали – 449,17 лв/kW;
- при измерване на една скала – 683,99 лв/kW.

Включването и изключването на външните ОУ с отчитане на гражданския полумрак позволява намаление на относителния годишен разход на електрическа енергия за 1 kW електрически осветителен товар, както следва:

- при измерване електрическата енергия на три скали – с 13,59%;
- при измерване на електрическата енергия на две скали – с 13,15% ;
- при измерване на електрическата енергия на една скала - с 9,94%.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработен е методически подход за оценка на използваемостта на външните осветителни уредби, базиран на режима на дневното естествено осветление в даден пункт.

2. Предложена е система от енергийно-икономически показатели за обследване на енергийната ефективност на външните осветителни уредби: използваемост на външните осветителни уредби по тарифни зони; денонощна, месечна и годишна използваемост на външното осветление; средномесечна и средногодишна цена на електрическата енергия за външно осветление; относителен месечен и годишен разход на електрическа енергия за 1 kW електрически осветителен товар.

3. Определяни са стойностите на енергийно-икономическите показатели на външното осветление за град Русе. Поради разположението на България в тесни географски граници същите могат да се използват и за други пунктове в страната.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] Кючуков Р., П. Петков. Енергийно-икономически показатели при обследване за енергийна ефективност на осветителни уредби. Енергиен форум 2006. Доклади, том 2. Варна, 2006

[2] Кючуков Р. Нормиране на разхода на електрическа енергия на осветителни уредби. Русенски университет, 2003

[3] Лингова Ст. Климатичен справочник на Н. Р. България, том 1. Слънчева радиация и слънчево греене. София, Наука и изкуство, 1978

### За контакти:

доц. д-р инж. Радослав Кючуков, Русенски университет "Ангел Кънчев"

тел.: 082 888 319; E-mail: rivanov@ru.acad.bg; www.ru.acad.bg

маг. инж. Садетин Басри, Русенски университет "Ангел Кънчев",

тел.: 082 888 319; E-mail: boks\_@abv.bg

**Докладът е рецензиран.**