

Оценка на потенциала на дневната естествена светлина чрез количеството дневна естествена осветеност

Садетин Басри, Орлин Петров, Радослав Кючуков

Assessment of the potential of the daylight through amount of daily natural illumination: *The aim of this work is to determine the daily quantity of natural light in mixed lighting in the covered area for a particular room with natural light concrete and critical factor of natural light, as a potential saving of artificial lighting.*

Key words: Daylight, Potential of Daylight, Energy saving.

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвместното използване на дневното естествено и изкуственото осветление се разглежда като обща система – смесено осветление, в което естественото е водещо и е допълвано от изкуственото осветление. Ергономичната и енергийната ефективност на смесеното осветление могат да се реализират чрез адекватна система на управление на изкуственото в състава на смесеното осветление. В [5,6,7] са разгледани устройства за автоматично степенно управление.

Следва да се отбележи, че автоматичното управление на осветителните уреди е ефективна мярка за икономия на електрическа енергия за осветление.

При смесено осветление съставното му изкуствено осветление се реализира като многокомпонентна многофункционална осветителна система, съдържаща три компоненти [7]:

- основно, постоянно изкуствено осветление (ПИО), предназначено само за тъмната част от денонощието;
- постоянно допълнително изкуствено осветление (ПДИО), което работи съвместно с естественото осветление през цялата светла част от денонощието и е предназначено и ориентирано към зоните от помещенията с недостатъчно естествено осветление;
- допълнително изкуствено осветление (ДИО), което се включва в периода от светлата част от денонощието, през което естественото осветление не осигурява нормената осветеност в помещенията.

Цитираните по-горе три компоненти на изкуственото осветление могат да се съвместят от една осветителна уредба, но в много случаи се локализируют с оглед: реализиране на автоматичното им управление; постигане на минимални енергийни разходи; осигуряване на адекватен светлинен климат в помещенията в денонощен и годишен разрез.

Предвид спецификата на смесеното осветление, то се реализира в следните три случая [6]:

- за светлата част от денонощието;
- за тъмната част от денонощието;
- за прехода светла/тъмна и тъмна/светла част от денонощието, а евентуално и за мрачни дни.

Дневното естествено осветление в състава на смесеното съдържа съществен потенциал за икономия на електрическа енергия. За оценяването на този потенциал е необходимо да се определи количеството дневна естествена осветеност в състава на смесеното осветление. От направения обзор става ясно, че липсват данни за количеството дневна естествена осветеност за територията на България.

В [1] е изведена зависимост за определяне на общите светлинни условия на даден район, като зависимостта отчита само стойностите за над $E_{кр}$ (критична естествена осветеност). В [3] е пресметнато количеството дневно естествено осветление за открита площ за отделни градове в България, като не се отчита количеството ДЕО в закрыта площ.

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Целта на настоящата работа е оценка на потенциала на дневната естествена светлина чрез количеството дневна естествена осветеност.

За целта се решават следните задачи:

1. Определяне на средномесечното и средногодишното количество външна хоризонтална дневна естествена осветеност на открита площ (навън) по усреднените месечни криви;

2. Определяне на средномесечното и средногодишното количество вътрешна хоризонтална дневна естествена осветеност в помещение (вътре в конкретно помещение с конкретни критична естествена осветеност и коефициент на естествено осветление) с отчитане на КЕО;

3. Определяне на средномесечното и средногодишното количество хоризонтална вътрешна дневна естествена осветеност на конкретно помещение със съответна експлоатационна осветеност E_m за два периода от денонощието – от изгрев до достигане на $E_{кр}$ и от последното до залез.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Оценяването на потенциала на хоризонталната дневна естествена осветеност се извършва чрез количеството ДЕО. За определяне на последното е целесъобразно да се използват усреднени месечни криви на изменение на дневната естествена осветеност на открита площ. Тези криви са построени, изхождайки от денонощия ход на изменение на височината на Слънцето на 15-то число от всеки месец от годината в съответния географски пункт. Усредняването е извършено на базата на метеорологичната статистика за съответния географски пункт [3, 4].

На фиг. 1 са представени усреднени месечни криви на изменение на дневната естествена осветеност, съответно хоризонталната дневна естествена осветеност на открита площ (под целия небосвод); дневна естествена осветеност в определена (контролна) точка вътре в помещението. Кривата на изменение на вътрешната ДЕО е построена за конкретно помещение с конкретни критична естествена осветеност и коефициент на естествено осветление (КЕО). Тя се построява на базата на следната формула:

$$E_{вътр} = E_{вън} \cdot e \cdot lx \quad (1)$$

където $E_{вън}$ е хоризонталната външна естествена осветеност на открита площ, klx

$E_{вътр}$ – хоризонталната външна естествена осветеност вътре в помещението, klx;

e – коефициентът на естествена осветеност (КЕО).

В [4] са изведени математични модели на изменението на ДЕО. За по-добро математично описание кривите са разделени на два участъка:

I участък – резултантната осветеност е $E_{рез}$ от 1 до 5 klx;

$$\log E = b_2 \cdot T^2 + b_1 \cdot T + b_0 \quad (2)$$

II участък - резултантната осветеност е $E_{рез}$ над 5 klx.

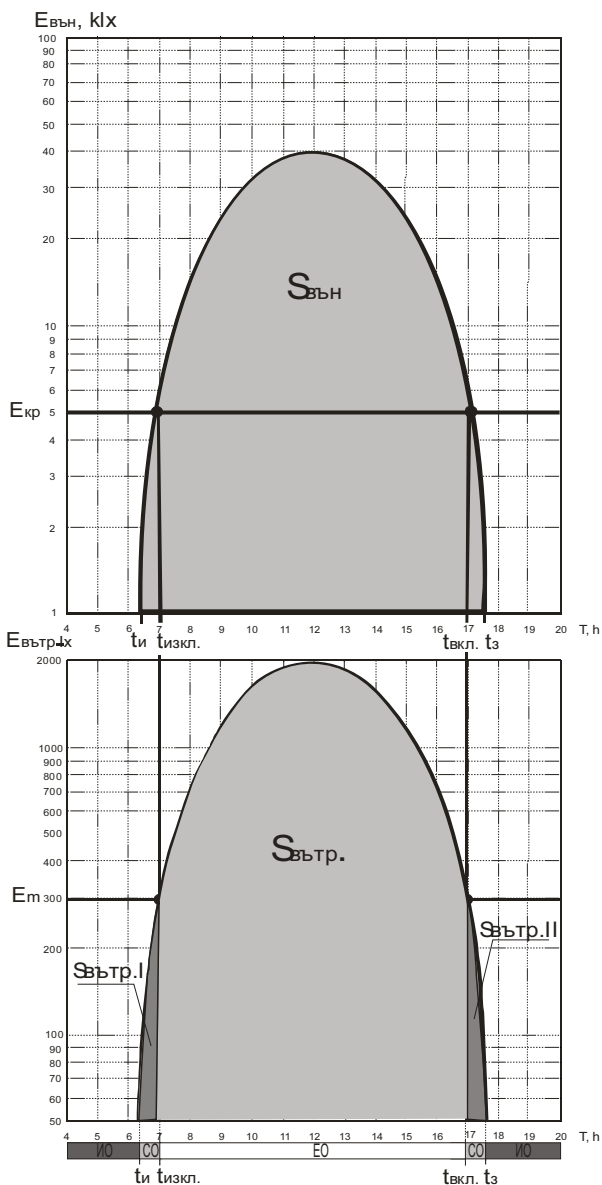
$$\log E' = b_2' \cdot T^2 + b_1' \cdot T + b_0' \quad (3)$$

където E е изменението на ДЕО до 5 klx;

E' – изменението на ДЕО над 5 klx;

b_2 , b_1 и b_0 са регресионните коефициенти до 5 klx на математичния модел на кривата на изменение на ДЕО;

b_2' , b_1' и b_0' са регресионните коефициенти над 5 klx на математичния модел на кривата на изменение на ДЕО.



Фиг. 1. Усреднени месечни криви на изменение на дневната естествена осветеност, съответно външната хоризонтална дневна естествена осветеност на открита площ (под целия небосвод); дневна естествена осветеност в определена (контролна) точка вътре в помещението

Означения към графиката: $t_{\text{и}}$, $t_{\text{з}}$ - моментите на настъпване на изгрев и залез на Слънцето; $t_{\text{изкл}}$, $t_{\text{вкл}}$ - моменти на включване и изключване на осветлението при достигане на $E_{\text{кр}}$; ИО – изкуствено осветление; СО – смесено осветление; ЕО – естествено осветление.

Моделите във формули (2) и (3) отразяват изменението на ДЕО, но представено в логаритмичен мащаб. За да бъде пресметнато действителното количество хоризонтална външна естествена осветеност, моделите се антилогаритмуват и придобиват вида:

I участък - $E_{\text{рез}}$ от 1 до 5 klx;

$$E = 10^{b_2 \cdot T^2 + b_1 \cdot T + b_0} \quad (4)$$

II участък - $E_{\text{рез}}$ над 5 klx.

$$E' = 10^{b_2' \cdot T^2 + b_1' \cdot T + b_0'} \quad (5)$$

За оценката на количеството осветеност, като човешка задоволеност от светлина се използват моделите в (1) и (2). За оценка на количеството осветеност като енергиен потенциал, се използват моделите на изменение на ДЕО във формулите (4) и (5).

Определянето на количеството дневна естествена осветеност за отделните варианти (открита площ; закрыта площ – помещение с конкретни критична естествена осветеност и КЕО; първа половина от деня - от изгрев до изключване на изкуственото осветление при достигане на $E_{\text{кр}}$; втора половина от деня – от достигане на $E_{\text{кр}}$ до залез) се извършва чрез числено интегриране на моделите (2), (3), (4) и (5).

За целта е приложен методът на параболите (Симпсън), тъй като той има добра точност. Изследваната функция има параболичен характер и описването на кривата с параболы ще доведе до повишаване на точността на интегрирането.

Численото интегриране е извършено чрез програмният продукт "Matlab".

В "Matlab" за решаване на определени интеграли се използват функциите "quad" и "quad8". Функцията "quad" използва адаптивен рекурсивен метод на "Симпсън", а "quad8" – адаптивен рекурсивен метод с квадратурни формули на "Нютон-Коутс" от 8-ми ред.

Синтаксисът на използваната функция в Matlab е следният:

quad ('fname', a, b, tol, trace)

където:

fname е името на подинтегралната функция. Тази функция предварително трябва да бъде зададена като файл на Matlab;

a, b – граници на интегриране;

tol – точност (грешка) на изчисленията (изчисленията в настоящата работа са извършени с точност 10^{-6});

trace – ако е зададена стойност различна от нула, се чертае графика, показваща процеса на интегриране.

Примерно приложение на функцията quad:

Съдържание на файла „ime.m“

function y=ime(t)

y=t.*sin(t);

След като се запише файла с функцията от командния ред се изпълнява:

quad ('ime', 0, pi/2, 1e-04, 1)

Крайните резултати от численото интегриране са дадени в табл. 1 и табл. 2. В табл. 1 са дадени логаритмичните стойности на количеството дневна естествена осветеност за отделните месеци от годината и за цялата година. Действителните стойности на количеството дневна естествена осветеност за същите периоди са дадени в табл. 2. Пресмятането е извършено за град Русе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определени са средномесечното и средногодишното количество външна хоризонтална дневна естествена осветеност за следните случаи:

1. За открита площ (под целия небосвод);
2. За закрыта площ (конкретно помещение с конкретни критична естествена осветеност и коэффициент на естествено осветление);
3. За закрыта площ – за периодите през които се използва смесено осветление (от изгрев до достигане на $E_{кр}$ и от последното до залез).
- 4.

Таблица 1

Потенциал на естественото осветление оценен чрез количеството дневна естествена осветеност $Q, lx \cdot h$ (получено при $\log E (T)$) за отделните месеци от годината и за цялата година за град Русе

№ по ред	Месеци от годината	Място на оценка			
		Открита площ	Помещение със съответна E_m, lx	Помещение - I половина от дения (от изгрев до изключване на ИО при достигане на $E_{кр}$)	Помещение – II половина – от достигане на $E_{кр}$ до залез
1	2	3	4	5	6
1	Януари	34,285	2,057	0,151	0,131
2	Февруари	41,119	2,467	0,130	0,090
3	Март	48,057	2,883	0,117	0,100
4	Април	55,550	3,333	0,135	0,105
5	Май	61,937	3,716	0,100	0,091
6	Юни	66,249	3,975	0,120	0,094
7	Юли	65,669	3,940	0,122	0,100
8	Август	60,441	3,626	0,082	0,060
9	Септември	52,739	3,164	0,078	0,060
10	Октомври	44,630	2,678	0,097	0,105
11	Ноември	36,627	2,198	0,162	0,167
12	Декември	32,392	1,944	0,182	0,155
	Общо за годината	599,695	35,981	1,476	1,258

Таблица 2

Потенциал на естественото осветление оценен чрез количеството дневна естествена осветеност $Q, lx \cdot h$ (получено при $E (T)$) за отделните месеци от годината и за цялата година за град Русе

№ по ред	Месеци от годината	Място на оценка			
		Открита площ	Помещение със съответна E_m, lx	Помещение - I половина от дения (от изгрев до изключване на ИО при достигане на $E_{кр}$)	Помещение – II половина – от достигане на $E_{кр}$ до залез
1	2	3	4	5	6
1	Януари	109400	6566	121,809	102,045
2	Февруари	182300	10940	101,779	64,576
3	Март	274300	16460	78,961	75,109
4	Април	408500	24510	143,728	110,662
5	Май	544900	32700	75,109	72,486
6	Юни	647800	38870	89,505	51,167
7	Юли	698000	41880	101,550	69,615
8	Август	626400	37580	69,279	40,962
9	Септември	451300	27080	47,859	42,415
10	Октомври	238400	14310	61,750	110,578
11	Ноември	119100	7144	131,010	163,531
12	Декември	84090	5046	145,529	135,587
	Общо за годината	4384490	263086	1167,868	1038,733

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Костов К., Естествената осветеност на територията на страната, Хидрология и метеорология, 1966, № 5
- [2] Костов К., По външната осветеност в района на София. София, Хидрология и метеорология, 1965, № 1
- [3] Кючуков Р. Използваемост на осветителните уредби в различни райони на България. XI национална конференция с международно участие "Осветление '93", Варна, 1993
- [4] Кючуков Р., П. Петков. Модели на изменението на дневната естествена осветеност. Енергиен форум 2005, Доклади том 2, Варна, 2005
- [5] Кючуков Р., О. Петров. Метод и алгоритъм за автоматично степенно управление за осветителни уредби за смесено осветление. XII Национална конференция по осветление с международно участие "Осветление" Варна, 2007
- [6] Кючуков Р., И. Евстатиев, О. Петров. Система за автоматично степенно управление на осветителни уредби за смесено осветление. Енергиен форум 2007
- [7] Кючуков Р. Дневно естествено осветление, Русенски университет „Ангел Кънчев“, Русе, 2007
- [8] Караколева С., Велева Е., Висша математика 3. Практикум по „Числени методи“ с Matlab, Русенски университет „Ангел Кънчев“, Русе, 2004
- [9] Йорданов, Й. Приложение на Matlab в инженерните изследвания, Университетско издателство „А. Кънчев“, Русе, 2004
- [10] Faires, J. Douglas, Burden, R. Numerical Methods, 2nd ed., Brooks / Cole Publishing Company, USA, 1998

За контакти:

маг. инж. Садетин Басри, Русенски университет „Ангел Кънчев“,
тел.: 082 888 319; E-mail: boks_@abv.bg
ас. д-р инж. Орлин Петров, Русенски университет „Ангел Кънчев“,
тел.: 082 888 301; E-mail: opetrov@ru.acad.bg
доц. д-р инж. Радослав Кючуков, Русенски университет „Ангел Кънчев“,
тел.: 082 888 319; E-mail: rivanov@ru.acad.bg; www.ru.acad.bg

Докладът е рецензиран.