

**ОПТИМИЗАЦИЯ НА ДНЕВНОТО ЕСТЕСТВЕНО ОСВЕТЛЕНИЕ В
ОБЩЕСТВЕНИ СГРАДИ ПОСРЕДСТВОМ ГЕНЕТИЧЕН АЛГОРИТЪМ****DAYLIGHTING OPTIMIZATION IN PUBLIC BUILDINGS USING
GENETIC ALGORITHM****Iva Petrinska***Technical University - Sofia***Abstract**

The current paper represents a new approach for daylighting optimization and lighting control of indoor lighting systems. The basic idea is to maximize the use of the natural light, thus minimizing the electrical energy consumption of the lighting system. The approach proposed uses genetic algorithm as an optimization tool for the lighting control strategy. Further reduction of the potential energy consumption for lighting and improvement of the algorithm is realized by utilizing experimental results for daylight coefficients' values. Two lighting control strategies are taken in consideration and values for the potential lighting energy savings for rooms with different geographical exposure are obtained.

Keywords: daylighting optimization, lighting energy consumption; genetic algorithm.

ВЪВЕДЕНИЕ

Допускането на естествена светлина във вътрешността на сградите не води от самосебеси до енергийна ефективност на осветлението. Консумираната за осветление електрическа енергия може да бъде значителна дори в помещения с големи светлинни отвори, чието географско положение предполага високи нива на естествената осветеност. Това се дължи на използването на неподходяща система за управление на осветлението или липсата на такава изобщо. Изследванията показват, че в типични обществени сгради, коректният избор на система за управление може да доведе до енергоспестяване от порядъка на 30-40% [1].

За оценка на ефективността на различните системи за управление на осветлението в съществуващи или новостроящи се сгради е необходимо прилагането на алгоритъм за определяне на планов разход на електрическа енергия [2]. За целта са разработени множество програми и методики, като общото между тях е необходимостта от познаване на характера на изменение на естествената светлина. Тази необходимост е продиктувана от факта, че за да бъде мини-

мална консумацията на електрическа енергия за осветление е необходимо естествената светлина да бъде използвана в максимална степен [3]. Допускането на прекомерно големи количества пряка слънчева светлина, обаче, има и своите недостатъци, основен измежду които е заслепяването [4].

За определяне на нивата на естествената осветеност в помещения е подходящо използването на величината коефициент на естествена осветеност (КЕО). Тази величина дава връзката между външната естествена осветеност и тази в помещенията на нивото на работната повърхност. Тази връзка зависи от времето както в денонощен, така и в сезонен план [5].

**ДЕФИНИЦИЯ НА ПРОБЛЕМА И
ПОДХОД ЗА РЕШАВАНЕТО МУ**

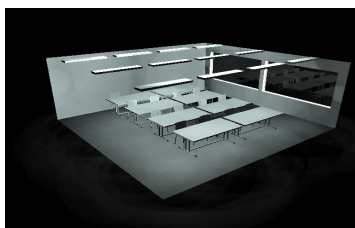
В настоящото изследване е предложен нов подход за оптимизация на режима на управление на осветителни уредби при максимално използване на естествената светлина. За определяне режима на работа на осветителната уредба, така че разходът на електрическа енергия за осветление да бъде минимален, без да се пренебрегват препоръките

на стандарта EN 12464-1, е използван генетичен алгоритъм. Дефинираната задача е решена за два различни метода на управление – с индивидуално димиране на светлинните източници и с вкл/изкл на осветителите.

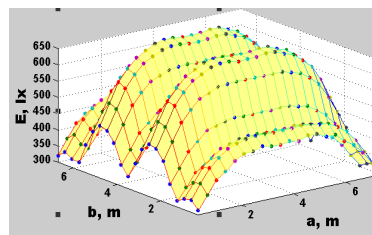
Алгоритъмът на управление е дефиниран като задача на линейното програмиране, която да минимизира общата консумация на енергия, като същевременно поддържа постоянна осветеност на работната повърхност със стойност равна на нормената.

За обезпечаване на математическия модел са използвани експериментални изследвания за стойностите на коефициентите на естествено осветление, извършени в сградата на Електротехническият факултет към Технически Университет – София.

Помещението, което е избрано и чиято геометрия е разгледана е лаборатория 12307 от сградата на ЕФ. Площта на пода на помещението е 52m^2 , а височината му е 2.8m . В помещението има два прозореца с обща площ от 14m^2 със западно изложение (за сравнение оптимизационната задача е решена и при същата геометрия, но с източно изложение на прозорците). Стените и тавана на помещението са бели; работните маси са със светло сив цвят. Съответните коефициенти на отражение на таван, стени и работна повърхност са 70%, 50%, 30%. Подът е светло сив, непокрит. Предложен е проект за преустройство на съществуващата осветителна уредба с нова, изпълнена с 12 осветителя с по една лампа T5, 35 W във всеки осветител и електронна пусково-регулираща апаратура – фиг. 1. На фигура 2 е показана осветеността от електрическото осветление, която се получава в помещението, в случай, че всички осветители са включени.



Фиг. 1. Конфигурация на осветлението за разглежданото помещение



Фиг. 2. Осветеност в помещението, дължаща се на изкуственото осветление

На базата на проведени едногодишни експериментални изследвания на естествената осветеност са определени стойности за КЕО сутрин и вечер, по сезони [6]. В разглежданото помещение са разположени шестнадесет работни места, на повърхността на всяко едно от които е необходимо да се осигури постоянна осветеност от 500 lx. Прието е, че коефициентите на естествено осветление за работните места, намиращи се на еднакво разстояние от прозорците на помещението са еднакви. Стойностите на КЕО намаляват в дълбочината на помещението. Коефициентите на естествено осветление представляват връзката между естествената осветеност навън и тази в помещението в един и същи момент от време. При известни стойности на КЕО е възможно определянето на стойността на естествената осветеност на работната повърхност в контролните точки посредством измерване на външната естествена осветеност или използване на статистически обосновани календари за времето на настъпване на критична естествена осветеност от 2, 5, 15 klx за съответния ден и състояние на атмосферата [7].

ПОСТАНОВКА НА ОПТИМИЗАЦИОННАТА ЗАДАЧА

Целта на изкуственото осветление е да поддържа постоянна стойност на естествената осветеност на работната повърхност в 16 контролни точки, които представляват отделните работни места. Необходимата от електрическото осветление осветеност на работните места се определя като разлика между нормената стойност на тази величина и изчислената стойност на естествената осветеност за съответните работни места.

Така нивото на осветеност от изкуственото осветление се определя според зависимостта:

$$E_{\text{изк}} = E_{\text{н}} - \text{KEO} \cdot E_{\text{ест}} \quad (1)$$

където,

- $E_{\text{н}}$ е вектор, който представлява нормената осветеност на работната повърхност;
- КЕО е матрица със стойностите на КЕО за отделните работни места;
- $E_{\text{ест}}$ е стойността на естествената осветеност на открито.

Общата осветеност в помещението представлява линейна комбинация от осветеностите, които дават отделните осветители. За да се получи оптимална консумация на електрическа енергия за осветление е необходимо да се минимизира необходимата от изкуственото осветление осветеност. Всеки светлинен източник трябва да излъчва определено количество светлина в добавка на наличното естествено осветление, така че нормената осветеност на работните места да се поддържа постоянна. Оптимизационната задача може да се представи посредством уравнение (2), като по този начин се декларира, че изискваната допълнителна осветеност от изкуственото осветление трябва да бъде равна на норменото ниво на осветеността в помещението, без осветеността, която се получава от естествената светлина.

$$A \cdot X = E_{\text{изк}} = E_{\text{н}} - \text{KEO} \cdot E_{\text{ест}} \quad (2)$$

където,

- X е матрица, която дава осветеността, необходима от всеки един осветител от осветителната уредба;
- A е $n \times m$ матрица, която представлява осветеността, която осигуряват m осветителя на n работни места;
- $E_{\text{изк}}$ е $n \times 1$ матрица, която представлява осветеността изисквана от осветителната уредба.

Консумацията на електрическа енергия зависи от метода на управление на осветлението. В настоящата публикация са разглеждани два метода на управление – с плавно димиране на светлинния поток на източниците на светлина и с индивидуално вкл./ изкл. на осветителите. Трябва да се подчертае, че

при плавно димиране на светлинните източници, зависимостта между светлинния поток на лампата и консумираната от нея електрическа мощност не е линейна. Димиране под 5-10% не води до допълнително енергоспестяване и се използва само за специални приложения [8]. За да бъде възможно реализирането на така поставената задача, е необходимо да се осигури индивидуално управление на всеки осветител. Проблемът при индивидуалното управление на осветителите в помещения от обществени сгради е голямата инвестиция за преустройство на електрическата инсталация. Използването на безжични технологии в този случай представлява добро решение.

Ако броят на работните места (контролните точки) в помещението е равен на броя осветители ($m = n$), се получава система от линейни уравнения с единствено решение. В разглежданият случай, обаче броят на работните места е по-голям от броя на осветителите и системата (2) няма единствено решение. В този случай се търси приблизително решение на задачата. Въвежда се вектор на грешката E , както следва:

$$E = E_{\text{изк}} - A \cdot X \quad (3)$$

Този вектор E представлява излишната осветеност на работните места. За постигане на максимално енергоспестяване е необходимо да се минимизира нормата на излишната осветеност, E :

$$\|E\| = [(E_{\text{изк}} - A \cdot X)^T (E_{\text{изк}} - A \cdot X)]^{1/2} \quad (4)$$

В настоящото изследване е използван метод за минимизация, базиран на генетичен алгоритъм за оценка на X и в последствие на потенциала за намаляване консумацията на електрическа енергия за осветление. По-точно генетичният алгоритъм дава най-икономичният работен режим на осветителната уредба и минималната стойност на излишната осветеност на базата на изискваната нормена осветеност в работните зони.

СЪЩНОСТ НА ГЕНЕТИЧНИТЕ АЛГОРИТМИ

Генетичният алгоритъм представлява стохастичен метод за решаване както на линейни, така и на нелинейни проблеми, базиран на законите на естествения подбор и еволюцията [9]. Генетичният алгоритъм по-

следователно модифицира едно “поколение” от индивидуални решения. На всяка стъпка, генетичният алгоритъм избира “индивиди” от настоящото поколение за “родители”, на случаен принцип, и ги използва, за да създаде “децата” на следващото поколение. През последователните поколения, популацията еволюира към оптимално решение.

Генетичният алгоритъм използва три основни правила на всяка стъпка, за да създаде от настоящото поколение следващото:

- Правила за селекция на индивидите, наречени “родители”;
- Правила за „кръстосване“, които комбинират двама “родители”, за да създадат “деца” за следващото поколение;
- Правила за “мутация”, които прилагат случайно изменение на единични “родители” и така създават ново “дете”.

Двете най-съществени разлики на генетичният алгоритъм от класическите оптимизационни процедури, базирани на търсене на производни са: генетичният алгоритъм създава популация от точки на всяка итерация, като най-добрата точка от популацията се доближава до оптималното решение (при класическите оптимизационни процедури се генерира единствена точка на всяка итерация, като последователността от точки се приближава до оптимално решение); избира следващото поколение посредством изчисления, в които се използват генератори на случайни числа (при класически алгоритъм следващата от поредицата точки се избира посредством детерминистични изчисления).

РЕЗУЛТАТИ

За решаване на така дефинираната оптимизационна задача е изготвена програма в среда Matlab. За потвърждаване на резултатите, оптимизационната задача е решена повторно посредством използване на функцията `fmincon` като хибридна функция. Хибридната функция представлява оптимизационна функция, която се стартира след като се получи решение от генетичния алгоритъм, за да се подобри стойността на целе-

вата функция. Хибридната функция използва решението от генетичния алгоритъм като начална точка в търсенето на оптимално решение. Получените резултати от оптимизационната процедура са симулирани в Dialux с цел потвърждаване на целесъобразността на избора подход. Параметрите, необходими за оптимизация посредством генетичен алгоритъм, които са избрани са:

- Метод за селекция: Рулетка;
- Кръстосване: Разбъркано;
- Мутация: Адаптивна;
- Скорост на кръстосване: 0.7;
- Размер на поклоението: 100.

Получените резултати от оптимизацията, както и възможната икономия на електрическа енергия при използване на двете разглеждани стратегии на управление на осветлението спрямо случай на осветителна уредба с ръчно управление са структурирани в таблици.

Индивидуално вкл./ изкл. на осветителите:

След получаване на резултатите от оптимизационната процедура с генетичен алгоритъм е предложен режим на работа на осветителната уредба. Поради краткият преход между изгрева и момента на достигане на нормените нива на осветеността на работната повърхност, е прието, всяка от светлинните сцени да има продължителност от 30 минути. Разглежданото работно време за конкретното помещение е от 07.00 ч до 19.00ч. В таблица 1 е показан режимът на работа на осветителите за типичен слънчев ден през пролетния сезон, при западно географско изложение на прозорците. Таблица 2 показва резултатите за същото помещение, при положение, че изложението на прозорците е източно. В таблици 3 и 4 е систематизиран режимът на работа на осветлението за типичен мрачен пролетен ден, съответно при западно и източно изложение на помещението. В таблици 1-4 стойност 1.00 означава включен осветител, 0.00 – изключен.

Таблица 1. Режим на работа на осветителите за типичен слънчев пролетен ден, западно изложение на прозорците, управление без димиране на светлинните източници

	Осветител номер											
Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00-7:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
7:30-8:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
18:00-18:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
18:30-19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00

Таблица 2. Режим на работа на осветителите за типичен слънчев пролетен ден, източно изложение на прозорците, управление без димиране на светлинните източници

	Осветител номер											
Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00-7:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
7:30-8:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
18:00-18:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
18:30-19:00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00

Таблица 3. Режим на работа на осветителите за типичен мрачен пролетен ден, западно изложение на прозорците, управление без димиране на светлинните източници

	Осветител номер											
Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00-7:30	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
7:30-8:00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
8:00-8:30	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
8:30-9:00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
9:00-9:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
9:30-10:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
10:00-10:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
10:30-11:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
11:00-11:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
11:30-12:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
16:30-17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
17:00-17:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
17:30-18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
18:00-18:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
18:30-19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00

Таблица 4. Режим на работа на осветителите за типичен мрачен пролетен ден, източно изложение на прозорците, управление без димиране на светлинните източници

	Осветител номер											
Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00-7:30	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
7:30-8:00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
8:00-8:30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
8:30-9:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00
9:00-9:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
9:30-10:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
10:00-10:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
10:30-11:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
15:00-15:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
15:30-16:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
16:00-16:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00
16:30-17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
17:00-17:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
17:30-18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00
18:00-18:30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
18:30-19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00

Индивидуално димиране на осветителите:

В случай на управление с индивидуално димиране на осветителите, работният режим на осветителната уредба е показан в таблици 5-8. Таблици 5 и 6 се отнасят за слънчев пролетен ден, съответно при западно и източно изложение на прозорците, таблици 7 и 8 са за мрачен пролетен ден, западно и източно изложение. Нивото на димиране на светлинния поток на светлинните източници в таблиците е дадено в относителни единици.

Таблица 5. Режим на работа на осветителите за типичен слънчев пролетен ден, западно изложение на прозорците, управление с димиране на светлинните източници

	Осветител номер											
Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00-7:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.29	0.04	1.00	1.00	0.87
7:30-8:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	0.96	0.26
18:00-18:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07	0.00	0.86	0.91	0.60
18:30-19:00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.25	0.25	0.71	0.88	0.20	0.54	0.13	1.00

Таблица 6. Режим на работа на осветителите за типичен слънчев пролетен ден, източно изложение на прозорците, управление с димиране на светлинните източници

	Осветител номер											
Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00-7:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.55	0.12
7:30-18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.84	0.39
18:00-18:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.66	0.76	0.23	0.22	0.00	0.65
18:30-19:00	0.25	0.19	0.32	0.60	0.64	0.34	0.53	0.64	0.24	1.00	0.78	1.00

Таблица 7. Режим на работа на осветителите за типичен мрачен пролетен ден, западно изложение на прозорците, управление с димиране на светлинните източници

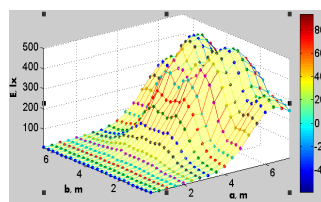
	Осветител номер											
Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00-7:30	0.50	0.44	0.53	0.66	0.72	0.36	0.70	0.81	0.35	1.00	0.78	1.00
7:30-8:00	0.31	0.25	0.37	0.61	0.65	0.34	0.65	0.77	0.31	1.00	0.74	1.00
8:00-8:30	0.05	0.01	0.15	0.53	0.55	0.32	0.59	0.73	0.26	1.00	0.70	1.00
8:30-9:00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.28	0.26	0.70	0.87	0.22	0.67	0.30	1.00
9:00-9:30	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01	0.11	0.88	0.99	0.27	0.21	0.00	0.84
9:30-10:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.76	0.26	0.51	0.29	0.74
10:00-10:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.48	0.13	0.82	0.73	0.81
10:30-11:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.25	0.00	1.00	1.00	0.92
11:00-11:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.12	0.00	1.00	1.00	0.84
11:30-12:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.76
16:30-17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.33	0.05
17:00-17:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.70	0.15
17:30-18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05	0.00	0.86	0.92	0.59
18:00-18:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.26	0.04	0.85	0.84	0.71
18:30-19:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	0.67	0.23	0.45	0.26	0.64

Таблица 8. Режим на работа на осветителите за типичен мрачен пролетен ден, източно изложение на прозорците, управление с димиране на светлинните източници

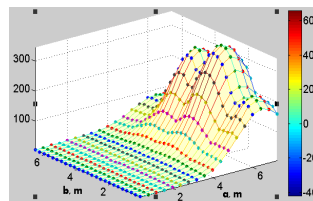
	Осветител номер											
Час	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7:00-7:30	0.36	0.33	0.41	0.62	0.65	0.35	0.62	0.78	0.30	0.98	0.62	1.00
7:30-8:00	0.14	0.10	0.20	0.54	0.55	0.34	0.58	0.73	0.23	0.89	0.54	1.00
8:00-8:30	0.00	0.00	0.00	0.29	0.27	0.27	0.65	0.82	0.16	0.54	0.13	1.00
8:30-9:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.84	0.39	0.03	0.00	0.29
9:00-9:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.49	0.15	0.49	0.37	0.57
9:30-10:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.19	0.03	0.70	0.69	0.57
10:00-10:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.75	0.42
10:30-11:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	0.42	0.07
15:00-15:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.41	0.06
15:30-16:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.68	0.14
16:00-16:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.07	0.00	0.84	0.88	0.59

16:30-17:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.17	0.02	0.80	0.79	0.65
17:00-17:30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.46	0.14	0.53	0.40	0.61
17:30-18:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.64	0.74	0.22	0.25	0.00	0.67
18:00-18:30	0.00	0.00	0.00	0.21	0.19	0.21	0.57	0.72	0.12	0.56	0.18	1.00
18:30-19:00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.45	0.34	0.47	0.60	0.14	0.88	0.59	1.00

На фигури 3 и 4 е показана осветеността, която се получава върху работната повърхност за слънчев пролетен ден, западно изложение за период от време от 7:00 до 7:30 ч при двата различни метода на управление на осветлението. Светлинните сцени, които са получени за двата случая са показани на фиг. 5 и 6.



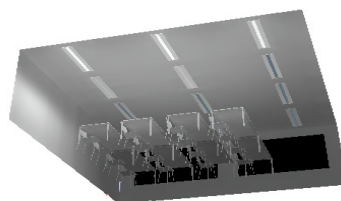
Фиг. 3. Разпределение на осветеността от изкуственото осветление в помещението при управление без димиране



Фиг. 4. Разпределение на осветеността от изкуственото осветление в помещението при управление с димиране



Фиг. 5. Светлинна сцена при управление на изкуственото осветление без димиране (нивата на осветеност са дадени на фиг. 3)



Фиг. 6. Светлинна сцена при управление на изкуственото осветление с димиране (нивата на осветеност са дадени на фиг. 4)

Потенциалът за енергоспестяване при работа на осветителите при управление с и без димиране по избрания алгоритъм спрямо случай без управление на осветлението е даден в таблица 9.

Таблица 9. Потенциал за енергоспестяване при управление на осветлението с и без димиране на светлинните източници

Географско изложение	Тип ден, сезон	Енергоспестяване при управление без димиране, kWh/day	Енергоспестяване при управление с димиране, kWh/day
запад	слънчев, пролет	0.61	0.66
изток	слънчев, пролет	0.61	0.66
запад	мрачен, пролет	2.10	2.31
изток	мрачен, пролет	2.37	2.66

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Потенциалът за енергоспестяване при управление на осветлението според наличието на естествена светлина е значителен. За помещения с еднаква геометрия, със западно и източно изложение на прозорците при ясно време прогнозните стойности за спестената енергия са еднакви, докато при мрачно време, потенциала за енергоспестяване е по-голям за помещенията с източно изложение. Възможността за енергоспестяване през мрачни дни е значително по-голяма от тази при ясни дни, тъй като при мрачно време осветлението работи по – продължително и при липса на система за управление, енергията, консумирана от осветителната уредба е значителна, тъй като осветлението остава постоянно включено. Разликата в стойностите на потенциална за енергоспестяване при наличие на система за управление на осветлението с димиране на светлинните източници спрямо такава без димиране не е голяма, което може да бъде обяснено с краткия преход между ден и нощ, характерен

за географското положение на България.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящата публикация е резултат от съвместната работа на автора и проф. Ханес Топфер от ТУ – Илменау, Германия по проект ELISE, финансиран от организацията DAAD.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Littlefair P., Predicting lighting energy use under daylight linked lighting controls, Building Research and Information, 26:4, 208 – 222, 1998.
- [2] Pachamanov A. Energy Savings and Lighting Techniques (Energy efficient lighting). “Avangard- Prima”, 272 pages. ISBN 978-954-323-251-2, Sofia 2007.
- [3] DiLouie C., Lighting and Productivity: Missing Link Found?, Architectural Lighting Magazine, vol. Sep/Oct, 2003.
- [4] Tzempelikos A., A. Athenitis, Modeling and evaluation of a window with integrated motorized venetian blinds, ISES Solar World Congress 2003 Proceedings, Solar Energy for a Sustainable Future, Goetenborg, Sweden, June 14-19, 2003.
- [5] Coley D., J. Crabb, Computerised control of artificial light for maximum use of daylight, Lighting Research and Technology 1994 26:189.
- [6] Pachamanov A, I. Petrinska, N. Yaneva, “Annual Variation of the Coefficients of Natural Illuminance for Premises with Different Geographical Exposure”, XII National Lighting Conference with international participation Lighting’ 2007, 10-12 June 2007, Varna, Bulgaria, pages 167-173
- [7] Пачаманов А., Р. Пачаманов, Метод за управление на изкуствено осветление в сгради, Заявка за изобретение № 106331/21.01.2002
- [8] Rosin B., A. Deneyer, P. D’Herdt, S. Diga, C. Eugene, Performance Evaluation of Dimmable Lighting Sources with Fluorescent Tubes for Indoor Applications, SINAIA 2006 International Lighting Symposium “Modern Quality Solutions for an Efficient Lighting” 12-14 October 2006, Sinaia, Romania.
- [9] Global Optimization Toolbox User's Guide, Copyright 2004-2010 by The MathWorks, Inc.