

## **ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ЗДАНИЯХ**

Рабич Е.В., Чумак Л.А., Ковтун-Горбачева Т.А.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»  
г. Днепропетровск, Украина

**АНОТАЦІЯ:** В статті представлено аналіз існуючих джерел електроенергії в Україні та запропоновано шляхи створення енергоефективного безпечного освітлення будівель.

**АННОТАЦИЯ:** В статье представлен анализ существующих источников электроэнергии в Украине и предложены пути создания энергоэффективного безопасного освещения зданий.

**ABSTRACT:** Analysis of electric power sources existing in Ukraine is presented in paper and ways on creation of energy effective and safe lighting for buildings are proposed.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** энергоэффективность, световая среда, естественное и искусственное освещение.

### **АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ**

Энергоэффективность зданий определяется количеством потребляемой энергии на отопление, кондиционирование, вентиляцию воздуха для поддержания оптимальных микроклиматических условий в помещениях. Освещение является одним из основных источников потребления электроэнергии. В странах ЕС свыше 40% от общей потребляемой энергии приходится на сектор зданий, из них 50% затрачивается на освещение офисов, 20...30% - больниц, 15% - на промпредприятия, 10...15% - жилой сектор и учебные учреждения. Объем энергопотребления на освещение в развитых странах составляет от 5 до 15% от общего объема, а в развивающихся странах достигает 86% [1].

Быстро растущий спрос на электроэнергию порождает увеличение потребления исчерпаемых ресурсов. В Украине, согласно Государственной целевой программе повышения энергоэффективности на 2010-2015 гг., потребление угля остается традиционно большим и имеет тенденцию роста. Добыча угля в шахтах Украины производится, основном на глубине более 1000 м и сопряжена с риском для жизни работников, где до сих пор наблюдается стабильно высокий уровень смертельного травматизма. По данным МЧС Украины, число несчастных случаев со смертельным исходом в этой отрасли в 2011 г. составило 161 человек, что на 30 случаев больше, чем в 2010 году.

Новые альтернативные источники энергии все еще будут занимать совершенно незначительную долю в общей структуре потребления энергоресурсов — 6%. И это стратегическая политика страны, которая по своему географическому положению

имеет огромные ресурсы солнечной энергии. В странах ЕС доля солнечных энергосистем к 2010г. уже составила 12% и возобновляемых источников энергии, включая гидроэнергетику – 22,1% [2].

Яркий тому пример – здания, которые себя сами обеспечивают энергией в г. Фрайбург (Германия).

Проблема повышения энергоэффективности зданий является одновременно актуальной экологической проблемой, поскольку всевозрастающая потребность в электроэнергии реализуется до сих пор, в основном, сжиганием жидкого и твердого топлива. Это загрязняет атмосферу, растительный слой, воду выбросами и радиоактивными отходами. На сектор зданий ЕС приходится свыше 40% от общей потребляемой энергии и свыше 40% от общих объемов выброса углекислого газа. Для повышения энергоэффективности зданий Европарламент принял соответствующую директиву [3].

**Целью работы** является анализ факторов, определяющих энергоэффективность освещения в зданиях и определение количественных показателей поступления солнечной энергии.

**На международном уровне** с целью идентификаций, ускорения и широкого применения энергоэффективных технологий высококачественного освещения международным энергетическим агентством (МЭА) создана экспертная группа Annex 45: энергоэффективное электрическое освещение зданий. Произведена оценка усредненных параметров осветительных установок жилых помещений в странах МЭА. Это характеризуется данными, приведенными в табл. 1 [4]. Для уточнения энергоэффективности используемых осветительных систем в Украине, нами определены такие же характеристики (табл. 1).

Таблица 1

Оценка усредненных параметров осветительных установок жилых помещений в странах МЭА и в Украине

Страна	Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Годовое потребление, кВт·ч	Удельное годовое потребление ЭЭ, кВт·ч/м <sup>2</sup>	Количество ламп	Мощность, Вт/м <sup>2</sup>	Световая отдача, лм/Вт	Удельное годовое светопотребление Млм·ч/м <sup>2</sup>
Великобритания	84	720	8,6	20,1	14,7	25	0,21
Швеция	110	760	6,9	40,4	14,0	24	0,16
Германия	83	775	9,3	30,3	15,6	27	0,22
Дания	134	426	3,3	23,7	5,7	32	0,10
Греция	113	381	3,7	10,4	7,8	26	0,09
Италия	108	375	4,0	14,0	10,6	27	0,09
Франция	81	465	5,7	18,5	16,1	18	0,22
США	132	1946	15,1	43,0	21,5	18	0,27
Япония	94	939	10,0	17,0	8,1	49	0,49
Украина	84	720	8,6	20	14,7	8,17	0,013

По данным МЭА средняя световая эффективность осветительных установок (ОУ), в лм/Вт, приблизительно составляет в Северной Америке - 50; в Европе – 54; в Японии – 65, в Австралии и Новой Зеландии – 58; в Китае, странах бывшего СССР и других – 43лм/Вт.

Удельное годовое потребление электроэнергии (ЭЭ) в Украине приблизительно находится на том же уровне, что и в развитых странах Европы и полностью совпадает с потреблением в Великобритании, но световая отдача в используемых ОУ почти в 3 раза меньше. Это говорит о том, что в жилом секторе до сих пор широко используют лампы накаливания с КПД 5...8%. В результате чего удельное годовое светопотребление на порядок меньше. Для повышения энергоэффективности освещения в Украине необходим новый подход к этой проблеме.

## **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВЕЩЕНИЯ В УКРАИНЕ**

Нами предлагается решение этой проблемы с учетом новых открытий в области физиологии зрения по следующим направлениям, взаимосвязанных между собой:

- 1) создание безопасной комфортной световой среды, сохраняющей здоровье человека и повышающей его работоспособность;
- 2) использование энергоэффективных ОУ при проектировании освещения;
- 3) использование возобновляемых источников с целью создания экологичного качественного освещения.

### **СОЗДАНИЕ БЕЗОПАСНОЙ КОМФОРТНОЙ СВЕТОВОЙ СРЕДЫ**

Психические нагрузки, утомление и стрессы, нарушение циркадных ритмов, изменение гормонального баланса, депрессии вызваны несоответствием световой среды и общего дизайна помещений, что создают угрозу здоровью человека на рабочих местах и в помещениях постоянного пребывания. Недавно обнаруженный фотопигмент, названный меланопсином, обеспечивает входной канал фотосенсорной системы для циркадной, нейроэндокринной и нейропсихической регуляции. Спектр действия света, показывающих максимальную чувствительность циркадных, нейроэндокринных и нейроповеденческих реакций для человека, в опубликованных исследованиях [5], определен на участке  $\lambda_{\max}$  в диапазоне 459...464 нм, что соответствует свету голубого цвета. Таким спектром обладают люминесцентные лампы (ЛЛ) с повышенной температурой цветопередачи, светодиоды белого и голубого цвета и высокие уровни естественного света. В практике лечения светом сезонных депрессий используют белый свет ЛЛ при освещенности 10 клк в течение 30...60мин. Облучение здоровых людей ярким белым светом при освещенности 2,5 клк вызывает подавление секреции мелатонина шишковидной железой. Проявление симптомов сезонной депрессии значительно снижалось и при использовании световых панелей со светодиодами с освещенностью 400 лк, облученностью 607мкВт/см<sup>2</sup> с доминантной длиной волны 468 нм. Однако УФ излучения, голубой, зеленый и белый свет, ИК излучения могут вредить глазным тканям, если их экспозиции превышают физиологические пределы. В диапазоне волн 435...440 нм может возникнуть фотохимическое повреждение сетчатки. Предполагается, что ночное световое облучение канцерогенно. Наличие взаимосвязи между воздействием света, регуляцией мелатонина, нарушениями в циркадной системе и развитием опухолей уже установлено.

Следовательно, при создании безопасной искусственной световой среды наряду с уровнем освещенности для зрительного восприятия, циркадных, нейроэндокринных и нейроповеденческих реакций, следует оценивать спектральное распределение энергии света, его облученность.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОУ

Все программы энергосбережения построены на расширении производства и использования люминесцентных ламп с улучшенными параметрами и компактных люминесцентных ламп (КЛЛ) вместо ЛН. Технология применения светодиодов (СД) развивается бурными темпами, поскольку имеет существенные преимущества. СД потребляют 17% электроэнергии относительно ЛН и 50% относительно КЛЛ. Они не содержат ртути, как КЛЛ и не представляют экологической опасности. Световая отдача белых СД достигает 150 лм/Вт [6].

Большой интерес представляют световодные системы естественного освещения, которые содержат линейные устройства, передающие естественный свет в помещения здания, где отсутствует дневной свет или его поступление недостаточно для выполнения зрительных задач. Вводное устройство на крыше и внутреннее помещение соединены между собой вертикальной трубой. Внутренняя поверхность трубы покрывается материалом с высокими светоотражающими свойствами, что позволяет эффективно переносить естественный свет на расстояния, в 20 раз превышающие диаметр световода [7]. Энергоэффективность освещения зависит от объемно-планировочного решения помещения, отражательных характеристик внутренних поверхностей помещения и оборудования, а также от принятых энергоэффективных систем естественного и искусственного освещения.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ С ЦЕЛЮ СОЗДАНИЯ ЭКОЛОГИЧНОГО КАЧЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Солнечная энергия относится к возобновляемым источникам энергии, которая используется непосредственно для освещения зданий. В развитии этого направления особый интерес вызывает экономическая целесообразность использования солнечной энергии не только для освещения помещений, но и ее энергетические показатели солнечной облученности.

Расчетные потери тепла  $Q_{\text{год}}$  определяются за вычетом тепловых поступлений от солнечной радиации через световые проемы в течение отопительного сезона в зависимости от ориентации по сторонам горизонта. В той же зависимости меняется поступление естественного света продолжительность использования естественного освещения и инсоляция, что свидетельствует о прямой зависимости ориентации здания от поступления солнечной радиации через световые проемы.

Используя корреляцию между значениями наружной среднемесячной освещенности  $E$  и солнечной облученности  $Q$ , получаем уравнение зависимости

$$Q = k \cdot E^{1,1} \quad (1)$$

где  $E$  – среднемесячная освещенность, клк,

$Q$  – среднемесячная облученность, Вт/м<sup>2</sup>,

$k$  – коэффициент, учитывающий положение Солнца на небосводе, клк/Вт.

Формула для расчета суммарной среднемесячной освещенности для Днепропетровского региона была предложена нами в [8]:

$$E = -20,535h^5 + 76,954h^4 - 118,33h^3 + 68,849h^2 + 45,065h - 1,154. \quad (2)$$

где  $h$  – высота Солнца над горизонтом, рад.

Уравнение для коэффициента  $k$  получено на основе зависимостей между  $E$  и  $Q$ :

$$k = -1,856h^3 + 5,382h^2 - 5,912h + 7,515. \quad (3)$$

Ниже приведены расчетные данные среднемесячной облученности в зависимости от освещенности.

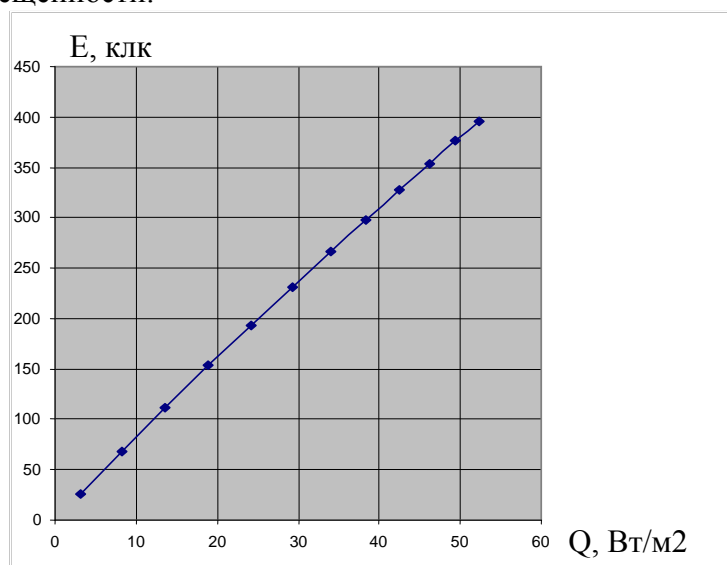


Рис. 1. Расчетные данные среднемесячной облученности в зависимости от освещенности

По имеющимся ранее значениям среднемесячной наружной освещенности получена зависимость солнечной облученности от высоты солнца, что позволяет прогнозировать поступление величины солнечной энергии как возобновляемого источника альтернативной энергии. Проектирование естественной световой среды в помещении должно основываться на моделировании поступления света, прежде всего через боковые светопроемы, с учетом поступления тепла. Соответствующие решения, наряду с учетом затрат, должны учитывать требования безопасности, направленности светового потока на рабочую поверхность, светозащита и светоперераспределение внутри помещения и ограничение блескости в поле зрения.

## ВЫВОДЫ

1. Для создания энергоэффективного, экологичного и безопасного освещения требуется учитывать не только разряд зрительных задач, зрительное восприятие пространства и объекта различения, а так же и психофизиологическое воздействие на организм человека

2. Рациональное использование естественного освещения и альтернативных источников для искусственного освещения создают не только качественную безопасную световую среду, но и сохраняют исчерпаемые ресурсы и окружающую среду.

3. Для создания безопасной световой среды в помещении необходим новый подход к проектированию освещения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Mills E. Why we're here: The \$320-billion global lighting energy bill / Mills E // Right Light 5. - Nice, France, 2002. – P. 369-385.
2. Стребков Д.С. Технологии крупномасштабной солнечной энергетики / Стребков Д.С. // Светотехника. – 2008. - №3. – С. 4-9.

3. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of building.
4. International Energy Agency. Light`s Lobour`s Lost // IEA Publication, France, 2006. - 360 p.
5. Брейнард К.Г. Восприятие света как стимула незрительных реакций / К.Г. Брейнард, И. Провенсио // Светотехника. – 2008. - №1. – С. 6-12.
6. Юнович А.Э. Современное состояние и тенденции развития светодиодов и светодиодного освещения / Юнович А.Э. // Светотехника. – 2007. - №6. – С. 13-17.
7. Фронтон М.Р. Оценка экономичности различных систем искусственного и естественного освещения / Фронтон М.Р. // Светотехника. – 2008. - №1. – С. 14-23.
8. Математическая модель поступления естественного освещения в помещения / [Рабиц Е.В., Линник Р.Я., Чумак Л.А. и др.] // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. научн. трудов. – Вып. №58. – Дн-вск, ПГАСА, 2011. – С. 589-595.

Статья поступила в редакцию 17.03.2013 г.