

УДК 697.7:551.521.3

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ В ПРИДНЕПРОВСКОМ РЕГИОНЕ**

**Е. В. Рабич, к. т. н., доц., Л. А. Чумак, к. т. н., доц., В. С. Магала, к. т. н., доц.,  
Л. Н. Лаухина, к. т. н., доц., В. А. Рабич, В. Д. Лаухин**

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия  
строительства и архитектуры»*

**Актуальность.** Глобальная экологическая проблема сбережения невозобновляемых природных ресурсов и окружающей природной среды связана с производством и использованием электроэнергии. Тепловые и атомные электростанции наносят непоправимый ущерб не только окружающей среде, но и здоровью людей. Потребление электроэнергии в жилом секторе составляет около 30% от общего объема, из них на освещение приходится почти 20%. Современные системы естественного освещения, представленные на рынке, такие как светопрозрачные конструкции, фасадные системы, световые трубы, колодцы, пассивные световодные системы имеют высокую стоимость, и окупаемость такого оборудования напрямую зависит от количества поступления естественного света и солнечного излучения. Использование солнечной энергии не только в системах освещения, но и в системах отопления и подогрева воды является одним из актуальных и перспективных направлений экономии энергетических ресурсов. Это вполне согласуется с основным вектором государственной политики в энергетической сфере, которым является наращивание объемов производства и потребления энергии, произведенной из альтернативных источников.

**Целью работы** является анализ поступления солнечной облученности на основе модели наружной освещенности Приднепровского региона.

**Методика моделирования показателей солнечной облученности.** Как известно, между значениями наружной освещенности и солнечной облученности наблюдается существенная корреляция. Это и было положено в основу нашей методики.

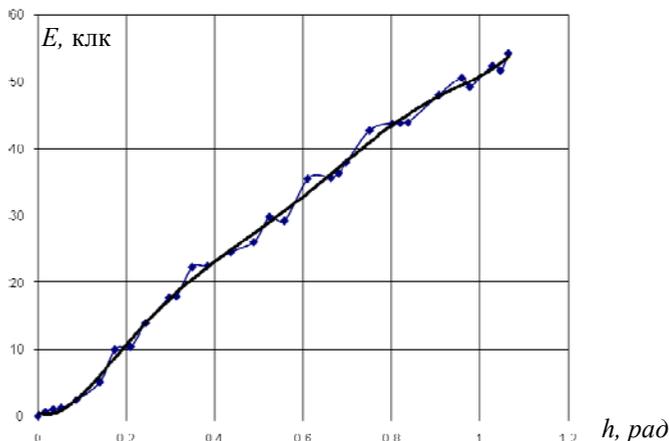
На первом этапе был получен большой объем статистических данных по нашему региону о состоянии атмосферы в зависимости от месяца года. Последующая их статистическая обработка с помощью табличного процессора MS EXCEL позволила определить среднегодовые характеристики такие как, например, среднее число пасмурных или солнечных дней.

Кроме того, были получены экспериментальные данные по месяцам зависимости солнечной освещенности от времени суток (т.е. от высоты солнца над горизонтом). Эти данные были также сгруппированы и обработаны с помощью MS EXCEL, что позволило оценить динамику параметров, подобрать с приемлемой погрешностью линии тренда, получить средние характеристики освещенности, которые в последствии легли в основу прогнозирования облученности.

Вследствие географического положения (33°11' – 52°22' с.ш.) Украина имеет большие уровни наружной естественной освещенности. По данным на-

ших наблюдений летом, например, среднемесячная освещенность в Приднепровском регионе достигает 58–63 клк, а ежегодное количество часов в Днепропетровске, когда освещенность превышает 500лк, составляет около 4500 часов. Полученные результаты исследований хорошо согласуются с данными освещенности для городов Западной Европы, расположенных в этих же широтах. Следует также отметить, что для нашего региона среднее число пасмурных дней составляет 110,6. Полученные результаты и обусловили интерес к оценке величины поступления солнечной облученности.

Для апробации методики оценки энергии солнечной облученности мы рассмотрели три месяца, отличающиеся наибольшей солнечной активностью для Приднепровского региона (май, июнь, июль), экспериментальные данные за указанный период представлены на рисунке 1.



**Рис. 1.** Зависимость средней диффузной наружной освещенности в период май–июль  $E$ , клк, от высоты Солнца  $h$ , рад

Продолжительность светового дня в этот период составляет 13–15 часов, длительность периода с освещенность более 500лк составляет 12–14 часов, а при высоте Солнца над горизонтом от  $20^\circ$  – 9–10 часов. Среднее число пасмурных дней в этот период составляет 5,43, дней с переменной облачностью – 20,5, солнечных дней – 4,73.

Формула для расчета наружной диффузной среднемесячной освещенности в указанный период имеет вид:

$$E = 1022,8h^6 - 3492,9h^5 + 4549,84h^4 - 2806,9h^3 + 806,94h^2 - 29,594h + 0,6068 \quad (1)$$

где  $E$  – среднемесячная освещенность, клк,  
 $h$  – высота Солнца над горизонтом, рад.

Для оценки уровня облученности  $Q$  мы использовали следующую зависимость:

$$Q = k \cdot E^{1,1} \quad (2)$$

где  $E$  – среднемесячная освещенность, клк,

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

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

Уравнение для коэффициента  $k$  получено на основе зависимостей между  $E$  и  $Q$  в исследованиях [1]:

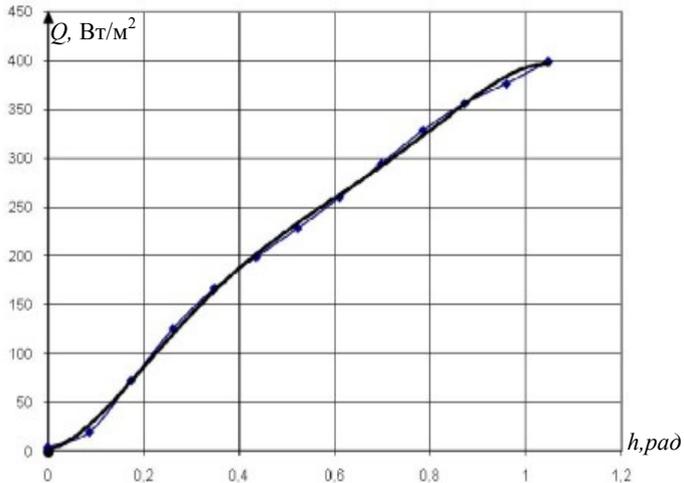
$$k = -1,856h^3 + 5,382h^2 - 5,912h + 7,515 \quad (3)$$

где  $h$  – высота Солнца над горизонтом, рад, (рис.1).

Ниже приведена полученная по описанному алгоритму формула для расчета среднемесячной диффузной облученности (Вт/м<sup>2</sup>) в зависимости от высоты Солнца над горизонтом:

$$Q = -2674h^5 + 7255,3h^4 - 7002,9h^3 + 2706,3h^2 + 106,51h + 1,3938 \quad (4)$$

и представлена графическая зависимость между этими параметрами на рис.2.



**Рис. 2.** Зависимость среднемесячной облученности  $Q$ , Вт/м<sup>2</sup> от высоты Солнца  $h$ , рад

По полученным зависимостям мы попытались оценить уровень солнечной энергии, поступающей в указанный период на единицу площади. Для этого по имеющимся данным зависимости высоты Солнца  $h$  от времени суток  $t$  в период май – июль мы получили следующее соотношение:

$$t = 7,3101h^3 - 12,39h^2 + 12,323h + 3,9932 \quad (5)$$

Чтобы оценить уровень солнечной энергии, поступающей в указанный период на единицу площади, необходимо найти:

$$\int_{t_1}^{t_2} Q(t)dt, \quad (6)$$

где  $t_1$  – начало светового дня, ч;

$t_2$  – окончание светового дня, ч;

$Q(t)$  – среднемесячная облученность в зависимости от времени суток.

С учетом полученной зависимости (5) для определения количества солнечной энергии, приходящейся на единицу площади в течение дня, мы использовали следующее выражение:

$$2 \int_{h_1}^{h_2} Q(h) \cdot (21,93h^2 - 24,78h + 12,323)dh \quad (7)$$

где  $h_1$  – высота Солнца, при которой наблюдается освещенность более 500лк;

$h_2$  – высота Солнца, при которой наблюдается максимальная освещенность.

Проведенные нами расчеты указанного параметра солнечной радиации показали, что в период наибольшей годовой интенсивности излучения на 1 м<sup>2</sup> площади приходится порядка 2,5–3,2кВт-час энергии в сутки.

**Выводы.** Разработанная модель математического обеспечения, формирования информационных потоков с использованием MS EXCEL позволяет прогнозировать поступление естественной освещенности и солнечной облученности. Среднеквадратические погрешности в расчетах, полученные на основе данных экспериментальных исследований не превышают 0,5%. Это особенно актуально для обеспечения эффективного выполнения оперативных задач системы проектировании инженерного оборудования с целью использования дешевой альтернативной энергии.

#### Использованная литература

1. Игава Н., Накамура Х. Простая модель световой эффективности естественного освещения // Светотехника. – 2002. - №4. – С. 12-17.
2. www.progress21.com.ua
3. Рабич Е.В., Линник Р.Я., Чумак Л.А., Лаухина Л.Н., Магала В.С. Математическая модель поступления естественного освещения в помещения// Строительство, материаловедение, машиностроение: Сб. научн. трудов. Вып №.58. – Дн-вск, ПГАСА, 2011. – С. 589-595.