
УДК 331.422:434

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ
ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

к.т.н., доц. Рабич Е.В., к.б.н. Сытник С.А.* соиск. Коваль Е.А., студ.
Останин П.В.

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и
архитектуры»*

**Днепропетровский государственный аграрный университет*

Постановка проблемы. Естественное освещение позволяет снизить потребление электроэнергии, повышает производительность труда, улучшает самочувствие и настроение людей, снимает стрессы, уменьшает тревожность.

Согласно требованиям ДБН В.2.5.28–2006 «Естественное и искусственное освещение» [1], отсутствие или недостаток естественного освещения допускается в исключительных случаях, при условии компенсации этого дефицита значительным увеличением нормируемых значений освещенности от искусственных источников света, что приводит к резкому повышению расхода электроэнергии. Помимо энергосбережения, естественное освещение становится все более важным направлением создания безопасных и благоприятных условий труда, обоснованных исследованиями в области физиологии и психологии человека [2 - 4]. Поэтому естественное освещение становится всё более важной проблемой исследования в строительстве.

Анализ тенденции оценок энергоэффективности освещения показывает что в развитых странах расход электроэнергии на освещение составляет 5 – 15%, а в развивающихся - может достигать до 86% [2, 3]. В Евросоюзе (ЕС) на освещение зданий приходится более 40% от потребляемой энергии [4].

За последние десять лет много внимания уделялось поиску оптимальных решений по эффективному использованию естественного света. В этом направлении сейчас проводятся исследования по экономичности использования различных систем освещения. Характеристика различных систем освещения и соответствующих капитальных и эксплуатационных затрат [2] представлена для светового климата г.Лион, Франция (рис.1). Затраты на искусственное и естественное освещение отличаются прежде всего диапазоном используемых осветительных устройств. Анализируя данные исследований [2], наиболее энергоэффективными оказались люминесцентные лампы, а световые колодцы или трубы потребовали больших затрат. Однако, совсем не указаны затраты при использовании галогенных ламп, которые активно вошли в рынок Украины. Данная характеристика еще раз подтвердила, что система естественного освещения через боковые светопроемы остается самой энергоэффективной, при условии достаточного поступления света в здания. Результаты оценки подтвердили целесообразность дальнейших исследований светового климата г.Днепропетровска с целью использования их в выборе энергоэффективности систем освещения.

Формулировка целей. Эффективность использования естественного освещения определяется рациональными конструктивными решениями введения света в здание и возможностями светового климата. Первым этапом решения проблемы в этом направлении – определение продолжительности использования естественного освещения в зданиях.

Экономическая оценка, совершенно не учитывает того, что через светопроёмы в помещение проникает значительно больше света, чем это определяется в соответствии с нормативами, а поступающее излучение характеризуется более высоким качеством спектра, что служит регулятором циркадной и эндокринной системы и вызывает нейроповеденческие реакции человека[8]. В этой связи, было бы правильнее учитывать количество естественного света, проникающего через светопроёмы, и его воздействие на организм человека, а не только уровни естественного освещения, превышающие минимально требуемые.

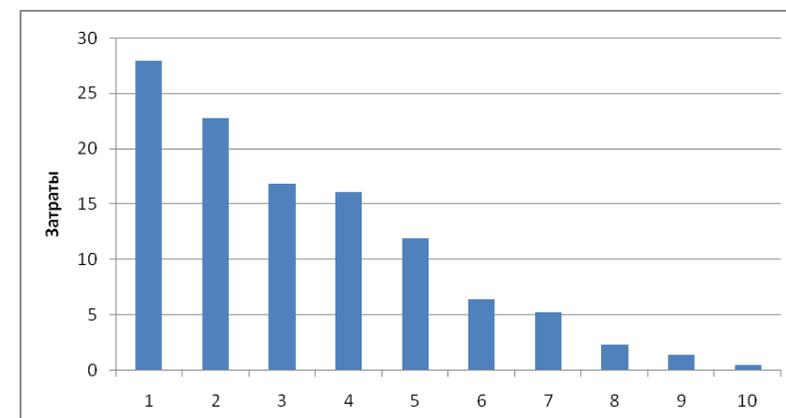


Рис.1. Удельные годовые затраты для различных систем искусственного и естественного освещения: 1 – светодиоды, питаемые от фотоэлектрических панелей (27,93 €/Млм·ч); 2 – светильники с лампами накаливания (22,72 €/Млм·ч); 3 – светодиоды (16,80 €/Млм·ч); 4 – световой колодец (16,06 €/Млм·ч); 5 – световодные системы естественного освещения (11,94 €/Млм·ч); 6 – светильник с люминесцентной лампой (6,44 €/Млм·ч); 7 – светильник с люминесцентной лампой прямого-отраженного света (5,28 €/Млм·ч); 8 – светопроёмы на крыше (2,31 €/Млм·ч); 9 – фасадный светопроём (1,42 €/Млм·ч); 10 – фонарь верхнего света (0,46 €/Млм·ч).

При проектировании систем освещения в общественных и производственных зданиях применяют стандартные решения, что затрудняет обеспечение достаточным естественным освещением помещений. Основная причина этого заключается в том, что введение естественного света глубоко внутрь здания требует определенных затрат, сроки окупаемости которых достаточно велики.

Обсуждение результатов. Объективная оценка систем естественного освещения должна основываться на сравнении разных осветительных систем с учетом суммарных затрат (эксплуатационных и капитальных) и влияния световой среды на человека. Сравнение разных систем естественного освещения усложняется тем, что они в разной степени способны выводить и распределять свет внутри помещения. Фонари верхнего света распространяют световой поток сверху, при котором и уровни освещенности уменьшаются с увеличением расстояния. Максимальные значения освещенности характерны для зон вблизи светопроёмов, а по мере удаления от них освещенность резко снижается, так же резко меняются и углы падения излучения на рабочую поверхность. Конструктивные решения должны основываться на экономичности введения света в помещения. За последние десятилетия разработали и усовершенствовали системы естественного освещения с помощью полых световодов.

Изменения естественного освещения и его нормативного показателя КПО зависит от следующих основных факторов: высоты здания, расстояния до прилегающих зданий в условиях городской застройки, глубины помещения; ориентации окон, расположение рабочих мест внутри помещения, параметров оконных проемов, их коэффициентов светопропускания.

Для определения естественной освещенности рабочих мест, основным критерием в соответствии с ДБН В 2.5. 28 – 2006 [1] определен КЕО, как отношение уровня освещенности рабочей поверхности внутри помещения к наружной освещенности.

$$e(\text{КЕО}) = E_{\text{вн}}/E_{\text{нар}} \cdot 100\%$$

где $E_{\text{вн}}$ – освещенность рабочей поверхности внутри помещения;

$E_{\text{нар}}$ – наружная освещенность светом небосвода.

Этот критерий хорошо согласуется при сравнении с коэффициентом использования светового потока и для искусственного освещения - отношения светового потока, достигающего рабочей поверхности, к выходному световому потоку системы освещения.

Согласованность использования КЕО заключается в том, что этот параметр в первом приближении не зависит ни от отношения площади светопроёмов к площади пола, ни от числа светильников в помещении, что дает возможность не учитывать габаритные размеры помещений. Определяющим показателем поступления света является наружная освещенность светом неба и ее перераспределение внутри помещения. Таким образом, сравнения световых решений проводится на основе оценки общей годовой световой энергии, приходящей на рабочую поверхность, т.е. произведение светового потока (лм), падающего на рабочую поверхность и длительности освещения. Так как предлагаемая величина рассчитывается для годового периода, то количество света, предоставляемого световой системой будет выражено в лк·ч/год.

Существующие рекомендации, нормативные требования касаются только количественных аспектов, основанных на зрительной

работоспособности. Чтобы обеспечить комфортную световую среду на рабочих местах, необходимо учесть его незрительное воздействие.

Согласно требованиям ЕС коэффициент естественной освещённости (КЕО) помещений в общественных зданиях составляет 0,9 – 2,5%. Термин КЕО относится к стандартному диффузному пасмурному небу, освещённость от которого в разное время суток и в разные месяцы различна. Если естественного освещения в помещении недостаточно, оно дополняется искусственным. К условиям естественного освещения человек приспособлен биологически. Однако мы проводим время в помещениях, где уровень естественного освещения составляет лишь малую долю (2 – 4%) от наружного. Хотя это в пределах нормы для некоторых зрительных задач, но такая освещённость является биологическими сумерками.

С целью выявления потенциала поступления естественного света, обладающего большим спектральным диапазоном, в работе представлены результаты исследований по наружной освещённости для г.Днепропетровска. За основу использования естественного света в помещении принята минимальная наружная освещённость, равная 5000лк. На основании этих результатов определена продолжительность использования естественного освещения по месяцам в течении года (табл.1).

Продолжительность использования естественного освещения при наружной освещённости, выше 5000лк.

Таблица 1.

Момент критической освещённости	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Продолжительность использования, за год в ч.		
Утро	9.05	8.05	6.55	6.00	5.20	4.50	5.0	5.40	6.20	7.20	8.20	9.20		3760	
Вечер	15.15	16.30	17.25	18.00	18.35	19.10	19.00	18.30	17.25	16.10	15.10	14.40			3760
Время использования ч.	6.10	8.25	10.30	12.00	13.15	14.20	14.00	12.50	11.05	8.50	6.50	5.20			

Наименьшая продолжительность наблюдается в зимний период и составляет в среднем 75% рабочего времени. В остальной период обеспеченность поступления естественного света составляет 100%.

Таким образом, выявлены возможности использования освещения естественным светом в помещениях, что при условии применения новых решений поступления света в здания, позволит наиболее полно использовать бесплатное освещение. Эффективность применения той или иной системы будет зависеть от стоимости самой установки и эксплуатационных расходов на ее содержание.

Анализ конструктивных решений поступления естественного света в здания. Как уже ранее отмечалось, что наиболее энергоэффективными являются боковые светопроемы для неглубоких помещений. При боковом освещении через стандартные светопроемы используется только рассеянная составляющая света неба (прямое солнечное излучение наряду с высоким благотворным влиянием приводит к слепящему действию и неравномерности освещения, повышенному нагреву помещений). При этом наблюдается экспоненциальный спад освещенности при удалении от боковых светопроемов, что в широких зданиях (зданиях «глубокого заложения») требует наличия постоянно включенного искусственного освещения в отдаленных от окон зонах (так, например, в типовых промышленных зданиях шириной 60 м и более даже при остеклении по периметру центральная зона шириной более 40 м не получает достаточного естественного освещения). Ситуация резко усложняется в бесфонарных зданиях, где технологические условия требуют поддержания постоянной температуры или полного отсутствия пыли и влаги. Для бокового освещения в условиях города большую отрицательную роль играет экранирование светопроемов окружающими зданиями и сооружениями. Применение систем верхнего освещения (зенитные фонари, шедовые покрытия) может быть эффективным лишь в одноэтажных зданиях, однако и в этих случаях прямое солнечное излучение используется нерационально, а теплопередача через светопроемы слишком велика и требует, как и в предыдущих случаях, высоких затрат на обогрев освещаемых помещений зимой и охлаждение летом. В этом плане интерес представляют новые конструкции световых труб, как альтернативный источник концентратора дневного света, позволяющие без потерь передавать его мощный поток во внутренние помещения на расстояние до 12 и более метров (рис. 2).

Системы предназначены для освещения помещений различного назначения дневным светом, где по техническим особенностям, архитектурным решениям или иным причинам устройство окон невозможно, либо свет, передаваемый окнами, не обеспечивает требуемые нормы по освещенности. Принцип работы световых труб заключается в том, что свет от солнца, где бы оно не находилось на небосводе в течении светового дня,

попадает на купол и с помощью системы линз сконцентрированным пучком передается вниз в световод, в нём многократно отражаясь, свет проникает в помещение через рассеиватель, освещая его равномерным потоком.

В устройствах реализован принцип передачи естественного света в помещение за счет многократного отражения.

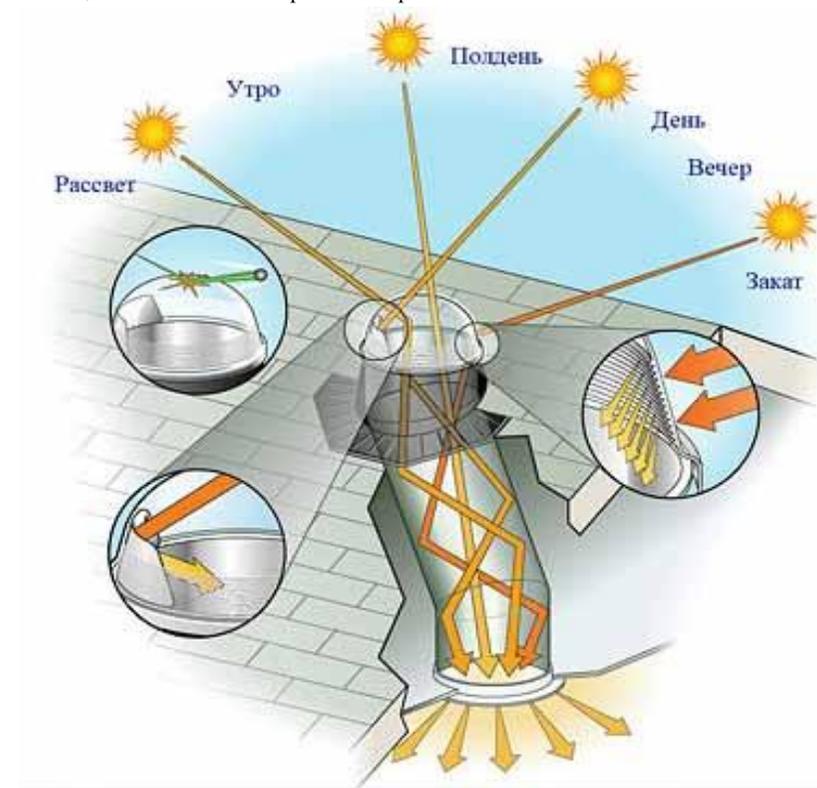


Рис. 2. Принцип работы световой трубы.

Отличие от существующих систем естественного освещения (оконные проемы, световые фонари) – значительно больший световой поток при равных сечениях светового проема по сравнению с традиционными устройствами (окнами), а также возможность передачи света на расстояние до 12-ти метров с поворотами без потерь.

Выводы. Пути решения проблемы энергоэффективности применения систем естественного освещения основывается на определении необходимой экспозиции в дневное время с учетом изменений уровня освещения, светового

потока и его распределения, возможностей естественного освещения. При этом необходимо учитывать биологическое действие дневного света, влияние на работоспособность и здоровье людей при выполнении требуемых зрительных задач. Выбор рациональной системы освещения должен позволять полностью заменить источник искусственного освещения в течение всего светового дня, что значительно снизит затраты на общее энергопотребление здания. Уменьшение теплопритоков от искусственного освещения должно привести к снижению мощности и стоимости оборудования для кондиционирования и эксплуатационные расходы. Естественный свет позволяет получить полный спектр освещения для передачи полноты красок интерьера помещений, а также повысить работоспособность и снизить утомляемость, которую вызывают искусственные источники света. Возможности использования естественного освещения велики. Обеспеченность естественным светом с учетом его использования в рабочее время для г.Днепропетровска составляет в зимний период 75%, в остальной период года – 100%.

Для реализации природного потенциала в освещении, необходимо международное сотрудничество для освоения новых технологий поступления естественного света на рабочую поверхность в помещениях. Это позволит ускорить внедрение более энергоэффективных и эргономичных систем, обеспечивая тем самым улучшение производственной и жилой среды.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В. 2.5.28-2006 «Естественное и искусственное освещение»;
2. М. Р. Фонтон. Оценка экономичности различных систем искусственного и естественного освещения // Светотехника №1, 2008 – 14 – 23 с.
3. М. Бубекри, Н. Вэнь. «Проектирование естественного освещения с учетом поведения человека.» // Светотехника №1, 2009 – 44 – 50 с.
4. К. Бартенбах. «Свет и здоровье» // Светотехника №2, 2009 – 4 – 10 с.
5. Э. Тетри, Л. Халонин, «Тенденции развития энергоэффективного освещения светотехники», Светотехника 2007, №6 с. 51 – 52.
6. EC. Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential. 2006. Commission of the European Communities. 26 p.
7. EC. Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings.
8. Г. К. Брейнард, И. Провенсио, «Восприятия света как стимула незрительных реакций человека» // Светотехника 2008, №1 с. 6 – 12.