

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ЭКСПОЗИЦИИ

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
Украина*

Усовершенствована методика расчета технико-экономической эффективности систем освещения зданий путем применения экспозиции при определении времени использования естественного освещения с учетом их светотехнической эффективности. Она особенно эффективна при сравнении вариантов светопроемов друг с другом, а также при разработке программ для светового кондиционирования помещений.

Постановка проблемы. Известно, что системы естественного освещения (ЕО) зданий в значительной степени оказывают влияние на их энергоэффективность.

Рост стоимости электроэнергии делает ЕО существенным экономическим фактором. Однако экономика ЕО определяется не только экономией энергоресурсов. Исследования, проводившиеся в нашей стране, показали, что хороший естественный свет в большей степени стимулирует рост производительности труда, чем аналогичное по качеству и уровням искусственное освещение. Велика роль естественного света и при создании благоприятной психо-физиологической обстановки в помещении.

Системы ЕО играют значительную роль в архитектурном оформлении интерьеров и на эстетическое качество интерьеров и внешнюю архитектуру здания.

В то же время системы ЕО зданий являются одними из наиболее уязвимых элементов архитектурно-конструктивного решения. Они в большей степени подвергаются воздействию наружного и внутреннего загрязнения. Светопроемы являются источниками значительных теплопотерь и теплопоступлений в здание.

Форма светопроемов, их аэродинамические характеристики, играют значительную роль в распределении снеговых нагрузок на покрытие, влияют на скопление пыли и снега. Фонари и окна могут быть наиболее слабым местом ограждений с точки зрения протечек, неконтролируемой инфильтрации воздуха и т.п.

Все эти факторы делают проектирование систем ЕО весьма сложной задачей, связанной с оптимизацией их формы, размеров и размещения в ограждении. Именно эти факторы в значительной степени зависят от проектировщика.

В данной работе рассматривается один из аспектов этого сложного процесса технико-экономическая эффективность систем освещения зда-

ний.

Анализ основных исследований и публикаций. В одной из предыдущих статей автором был предложен критерий, объединяющий и количественные и временные характеристики освещения – экспозиция [1]. В ней было выдвинуто предположение, что этот критерий может участвовать в оценке экономической эффективности систем освещения зданий.

Российскими специалистами предложена методика технико-экономической оценки систем освещения зданий с учетом временных характеристик естественного освещения [2].

Целью данной работы является усовершенствование предложенной методики с использованием экспозиции.

Основная часть. Согласно этой методике среднегодовые затраты на потребление электрической энергии на освещение Z_{el} для данного варианта системы определяется по следующей формуле

$$Z_{el} = N \cdot z \cdot C, \quad (1)$$

где N – удельная установленная мощность системы искусственного освещения помещения, Вт/м²;

z – продолжительность использования искусственного освещения, ч/год для данного варианта;

C – перспективная стоимость электрической энергии, гр.

В данном случае под временем использования понимается чисто временная продолжительность между моментами отключения (утром) и включения (вечером) искусственного освещения.

Однако во многих случаях, как при совмещенном освещении, так и при световом кондиционировании встает вопрос о количественном учете величины природного освещения и его влияние на время использования естественного освещения. В данной ситуации лучше всего использовать экспозицию освещения.

Экспозиция \mathcal{E} , лк·ч, определяет поверхностную плотность световой энергии падающего излучения и определяется в общем виде из следующего выражения

$$\mathcal{E} = \int_{t_1}^{t_2} E(t) dt. \quad (2)$$

Процесс зрительного восприятия в помещениях связан с постоянством количества освещения, т.е. чем меньше освещенность, тем больше времени необходимо для различия (опознания) объекта, и наоборот, чем больше освещенность, тем меньше времени необходимо для различения. При недостаточном уровне экспозиции процесс накопления зрительного вещества в фоторецепторах будет опережать процесс разложения, и глаз будет перенапрягаться, особенно при восприятии мелких объектов. И, наоборот, при высоком уровне экспозиции процесс разложения вещества будет опережать процесс накопления. Фоторецепторы будут очень часто посылать в мозг электрические сигналы, что связано с перевозбуждением зрительной

системы. И не случайно при таком положении мы стремимся закрыть окна шторами.

В статье К.И. Иоффе [3] отмечается, что при нормировании освещения в помещениях в качестве критерия оценки необходимо использовать не освещенность на горизонтальной поверхности, а экспозицию на зрачке глаза. В этом случае обеспечивается синхронизация гипоталамических структур и организма в целом, а также оптимизируются энергетические характеристики систем освещения.

В связи с этим учет временных характеристик важен не только с экономической точки зрения, а и с медицинской.

Впервые этот критерий был предложен Т. Глаголевой [4] для определения нормативного значения КЕО в промышленных зданиях.

В качестве $E(t)$ (формула 2) может быть введена любая освещенность, которая эффективно оценивает данный вид зрительной работы. Это может быть и средняя сферическая освещенность, полусферическая, цилиндрическая и др.

Методика определения затрат с учетом экспозиции следующая.

Определяется суммарная годовая экспозиция под открытым небосводом \mathcal{E}_n . Все расчеты лучше всего осуществлять с использованием программных комплексов, таких как Radiance, Лара и др., а также по методике, изложенной в [2], хотя точность расчетов при этом будет низкая. На рис.1 представлен пример расчета наружной годовой экспозиции (все расчеты осуществлялись с использованием программы Radiance для условий полусферического небосвода).

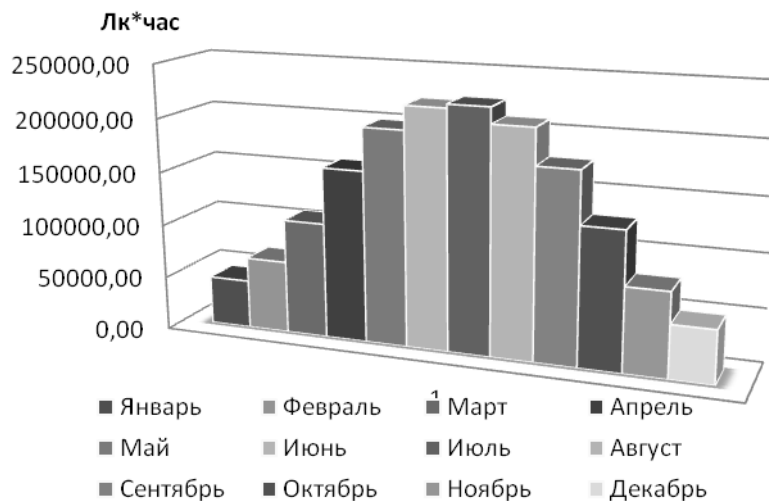


Рис.1. Годовая экспозиция на открытой местности в г. Киеве

Определяется суммарная годовая экспозиция в помещении $\mathcal{E}_в$. На рис.2 представлен пример расчета экспозиции в центральной точке офисного помещения размером в плане 6,15×3,05 м, размер окна 2,1×1,32 м. Расчётная точка расположена на высоте 0.85 м в месте пересечения диагоналей.

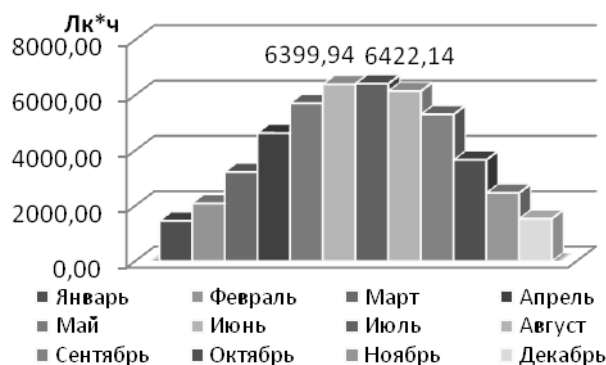


Рис.2. Годовая экспозиция в офисном помещении при вертикальном светопроеме

Используя соотношение (3) определяется время использования

$$\frac{Э_n}{Э_в} = \frac{T_с}{T_э}, \quad \text{отсюда} \quad T_э = \frac{T_с Э_в}{Э_n}, \quad (3)$$

где $T_о$ – время использования естественного света под открытым небосводом, ч/год;

$T_е$ – время использования естественного освещения в помещении, ч/год.

Продолжительность использования искусственного освещения, z , определится из следующей зависимости

$$z = T - T_э, \quad (4)$$

где T – время работы искусственного освещения в помещении в зависимости от условий его эксплуатации (например, количества рабочих смен в промышленных зданиях, рабочих помещениях), ч/год.

Как видно из формулы (3) время использования ЕО определяется с учетом эффективности светопроемов улавливать естественный свет и распределять его по объему помещения.

В численном эксперименте эффективность определялась для трех положений светопроема: вертикальный, горизонтальный и наклонный (мансардный) при различных ориентациях. Наиболее эффективным оказался наклоненный по углу 45° светопроем восточной ориентации.

Выводы. Уточнена методика технико-экономической оценки систем освещения зданий. Она особенно эффективна при сравнении вариантов светопроемов друг с другом, у которых одинаковое время использования. Также при разработке программ для светового кондиционирования помещений.

Перспективы дальнейших исследований. В этой работе проведены исследования для помещения с одним светопроемом, т.е. простейшая система, и с горизонтальной освещенностью. Получены прогнозируемые результаты. Однако, для сложных систем ЕО трудно прогнозировать какие-либо результаты. Поэтому дальнейшие исследования будут направлены на отработку данной методики для различных систем с введением в экспозицию пространственных характеристик светового поля, что, к сожалению, недоступно для программного комплекса Radiance.

Литература

1. Егорченков В.А. Моделирование естественного освещения зданий с учетом временных характеристик. – В кн. "Геометрическое моделирование и компьютерные технологии, практика, образование: Материалы VI международной научно-практической конференции"/Редкол.: Ю.М. Тормосов (отв.ред.) и др.; Харьк. гос. ун-т питания и торговли. – Харьков, 2009. – С. 159-163.
2. СП 23-102-2003. «Естественное освещение зданий». Свод правил по проектированию и строительству. – М., 2005. – 87 с.
3. Иоффе К.И. Биологическое влияние видимого света на организм человека/Світлотехніка та електроенергетика, 2008, №3. – С. 21-29.
4. Глаголева Т.А. Естественное освещение промышленных зданий. – М.: Профиздат, 1961. – 88 с.

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ ЕКСПОЗИЦІЇ

В.О. Єгорченков

Удосконалена методика розрахунку техніко-економічної ефективності систем освітлення будівель шляхом застосування експозиції при визначенні часу використання природного освітлення з урахуванням їх світлотехнічної ефективності. Вона особливо ефективна при порівнянні варіантів світлопрорізів друг з другом, а також при розробці програм для світлового кондиціонування приміщень.

EFFICIENT LIGHTING SYSTEMS OF BUILDINGS IN VIEW THE EXPOSITION

V. Yegorchenkov

There has been refined on the procedure of the calculation of technical and economic efficiency of buildings lighting systems through the use of light exposure in determining the time of use of natural lighting, taking into account their lighting efficiency. It is particularly effective in comparison of options of light openings with each other, as well as in development of programs for light conditioning of rooms.