

ПЕРСПЕКТИВЫ НОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

У статті пропонується низка пропозицій, при яких підвищиться ефективність систем освітлення у промислових будівлях. Це перехід до оцінки умов освітлення з використанням інтегральних характеристик світлового поля, ретельне урахування переважного напрямку світлових потоків, які значною мірою визначають умови зорового сприйняття, перенесення розрахункової точки з місця розташування об'єкта спостереження до зіниці ока, а також час роботи системи штучного освітлення визначати на підставі експозиції природного освітлення.

В статье предлагаются ряд положений, при которых повысится эффективность систем освещения в промышленных зданиях. Это прежде всего переход к оценке условий освещения с использованием интегральных характеристик светового поля, тщательный учет преобладающего направления световых потоков, которые в значительной степени определяют условия зрительного восприятия, перенос расчетной точки из места расположения объекта наблюдения на зрачок глаза, а также время работы установки искусственного освещения определять на основе экспозиции природного освещения

The row of positions at that efficiency of the systems of illumination will rise in industrial building is offered in the article. It foremost passing to the estimation of terms of illumination with the use of integral descriptions of the light field, careful account of prevailing direction of light streams that determine the terms of visuognosis largely, transfer of calculation point from the place of location of object of supervision on the pupil of eye, and also time of work of setting of lamplight to determine on the basis of display natural

Постановка проблемы. Основная цель нормирования светового режима заключается, прежде всего, в удовлетворении потребностей человека. И только потом можно формировать энергоэффективные системы освещения зданий. Основным потребителем света является глаз человека. Он должен воспринимать световую обстановку с параметрами, имеющими благоприятные диапазоны, при которых осуществляется минимум биологических затрат и максимальная производительность зрительного труда. При параметрах выше и ниже этих диапазонов условия восприятия являются более или менее неудовлетворительными. Поэтому системы освещения будут в том случае энергоэффективными, когда параметры световой среды находятся или в благоприятном диапазоне или близко к нему.

В основе нормирования природного освещения в современных украинских нормах [1, 2] заложена относительная горизонтальная освещенность в форме коэффициента естественной освещенности (КЕО), которая была принята в 30-х годах прошлого столетия как временная характеристика, поскольку она оценивает условия освещения плоских объектов, находящихся в плоскости частного положения.

Анализ последних достижений. Наша жизнь и объекты наблюдения, с которыми нам приходится иметь дело, гораздо разнообразнее. Но все-таки есть принцип «Ничего нет постоянного, чем временное». И действительно, это «временное» длится уже более 80 лет. Условия освещения объемных элементов значительно отличаются от условий освещения плоских объектов. Об этом уже говорилось неоднократно (А.А. Гершун, В.В. Мешков, Н.М. Гусев, Е.В. Пугачев и др.).

Использование плоскостных характеристик приводит к раздельному нормированию бокового и верхнего естественного освещения (ЕО). Неоднозначная оценка в данном случае увеличивает погрешность в определении эффективности систем ЕО.

Поэтому необходимо идти по пути использования более универсальных и эффективных критериев оценки (например, средняя сферическая освещенность, цилиндрическая, которая уже используется в действующих нормах ДБН В.2.5-28-2006, световой вектор и др.). Это направление использования интегральных характеристик светового поля для оценки ЕО зданий активно разрабатывалось в 80-е годы прошлого века. Да и в настоящее время также проводятся исследования в этом направлении, правда, не так активно, как хотелось бы. Для активизации этого процесса необходимо иметь программное и приборное обеспечение. В настоящее время разработан ряд достаточно мощных программных продуктов (Lightscape, 3D Studio Viz, Radiance, Lara и др.), которые с достаточной степенью точности могут воспроизводить ту или иную световую обстановку. Необходимо отобрать некоторые из них, адаптировать к нашим условиям и утвердить их.

Эти исследования показали, что в производственных зданиях, в которых операции осуществляются с объемными объектами наблюдения, наиболее эффективным критерием является комплекс параметров, включающих количественные и качественные характеристики: средняя сферическая освещенность, $E_{4\pi}$, модуль, $|\vec{\mathcal{E}}|$, направление светового вектора, β ; θ ; и контрастность освещения, k :

$E_{4\pi}$, $|\vec{\mathcal{E}}|$, - количественные; β , θ , $k = \frac{|\vec{\mathcal{E}}|}{E_{4\pi}}$ - качественные.

Возникает резонный вопрос: где же взять нормативные значения этих параметров?

Во-первых, многие исследователи еще в 80-годах прошлого столетия проводили эксперименты по определению благоприятных значений параметров светового поля для конкретных зрительных работ. К сожалению, активность этих экспериментов в настоящее время снизилась. Однако при соответствующей экономической ситуации это направление исследований необходимо продолжить.

Во-вторых, немецкий исследователь В. Арндт определил благоприятные значения пространственной освещенности, E_o ($E_{4\pi} = 0,25E_o$), в зависимости от сложности зрительных работ [3]. Их можно ввести в отечественные нормы в качестве временных значений. А оптимальное направление световых потоков можно определять путем несложных опросов или предъявлений тест-объектов рабочим на существующих производствах.

Целью данной работы является определение путей повышения эффективности норм естественного и совмещенного освещения.

При работе с объемными объектами наблюдения особую значимость приобретает направление светового потока, причем оно имеет даже большее значение при четком обнаружении объектов различения, чем средняя сферическая освещенность, как следует из психофизических экспериментов [4]. Однако направление светового потока нельзя рассматривать, не учитывая положения глаз наблюдателя (рис.1). Данный рисунок характерно подчеркивает это положение. Известная киевская Арка, солнечные лучи и наблюдатель расположены таким образом, при котором отдельные элементы объекта совершенно по различному воспринимаются наблюдателем. Правая часть арки воспринимается как плоскость, верхняя часть – имеющая небольшие уступы, а левая часть – ступенчато-ребристая. Теперь представим себе, что это объект наблюдения детали, правильность изготовления которой автоматом контролирует мастер. Если необходимо проконтролировать размер уступов и их количество, то как можно это сделать при условиях освещения правой части? Однозначный ответ – никак. И таких моментов в практике проектирования систем освещения множество.

Именно в этом положении скрыты резервы эффективного нормирования систем освещения. Так, например, в уже упомянутом источнике [4] оптимальное взаиморасположение объекта наблюдения, направления световых потоков и положения глаза наблюдателя позволило снизить мощность источников света вдвое и во столько же раз сократить количество ламп, расположенных таким образом, что

угловые параметры светового вектора были приближены к оптимальным значениям. При этом производительность труда не снизилась, и рабочие отзывались о хорошем качестве световой обстановки.

Эти рассуждения приводят к выводу, что расположение расчетной точки, детали и глаза наблюдателя в одном месте некорректно. Расчетная точка должна быть расположена на зрачке глаза, поскольку именно он является потребителем данной световой обстановки (рис. 2), на основании которой мозг человека осуществляет соответствующие реакции. С этим положением соглашаются и другие исследователи [5].



Рис.1. Различные условия освещения и неадекватное восприятие наблюдателем отдельных элементов



Рис.2. Расположение расчетной точки на зрачке глаза наблюдателя

Введение КЕО в качестве нормативной величины устраняло такой «неудобный» фактор, как изменение естественной освещенности во

времени. И действительно, при пасмурном небосводе в течение дня КЕО постоянно. Не изменяется величина КЕО и при различных ориентациях светопроема в широтном направлении. Но как только мы переходим к другому состоянию неба, величина КЕО меняется как в течение дня, так и по ориентации. А в настоящее время наметилась тенденция к переходу в нормах Украины на распределение яркости полуясного небосвода.

Большое значение для энергоэффективности систем освещения является учет временных характеристик. Чем больше используются ресурсы природного освещения в помещениях, тем меньше энергии затрачивается на искусственное освещение.

Процесс зрительного восприятия в помещениях связан с постоянством количества освещения, т.е. чем меньше освещенность, тем больше времени необходимо для различения (опознания) объекта, и наоборот, чем больше освещенность, тем меньше времени необходимо для различения. Поэтому в качестве критерия оценки светового режима помещений, по большому счету, должно служить количество освещения.

Количество освещения, которое определяет поверхностную плотность падающей световой энергии, называется экспозицией и определяется в общем виде из следующего выражения:

$$\mathcal{E} = \int_{t_1}^{t_2} E(t) dt, \text{ лк}\cdot\text{с}, \quad (1)$$

где $E(t)$ – мгновенные значения освещенности.

В качестве $E(t)$ может использоваться любая величина как яркость поверхностей, так и плоскостная или пространственная характеристики. В качестве единицы экспозиции при оценке условий освещения в помещениях удобнее принять $\text{кд}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ или $\text{лк}\cdot\text{ч}$.

Данная характеристика использовалась в прошлом веке для обоснования нормативных значений освещенности в зданиях. Однако этот критерий может быть успешно использован при технико-экономической оценке систем освещения.

В новой редакции ДБН В.2.5-28 имеется приложение М «Методика расчета годовых эксплуатационных затрат осветительной установки», в котором присутствует время работы установки искусственного освещения, но непонятно, как оно определяется.

Эту величину можно определить при помощи экспозиции по следующей методике.

Определяется годовая экспозиция под открытым небосводом $\mathcal{E}_н$. Все расчеты лучше всего осуществлять с использованием программных комплексов, таких как Radiance, Лара и др., а также по методике,

изложенной в [6], хотя точность расчетов при этом будет низкая. Затем определяется годовая экспозиция в помещении $\mathcal{E}_e$.

Используя соотношение (2), определяется время использования:

$$\frac{\mathcal{E}_n}{\mathcal{E}_e} = \frac{T_n}{T_e}, \text{ отсюда } T_e = \frac{T_n \mathcal{E}_e}{\mathcal{E}_n}, \quad (2)$$

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

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

Продолжительность использования искусственного освещения, T_u , определится из следующей зависимости:

$$T_u = T - T_e, \quad (3)$$

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

Как видно из формулы (2), время использования ЕО определяется с учетом эффективности светопроемов улавливать естественный свет и распределять его по объему помещения.

Выводы. 1. Назрела необходимость введения в украинские нормы прогрессивные критерии оценки условий освещения в зданиях (средняя сферическая, полусферическая, цилиндрическая освещенность, модуль и направление светового вектора, а также контрастность освещения).

2. Большое значение для четкого восприятия световой обстановки и определения оптимальных параметров световой среды имеет направленность световых потоков. Особенно остро это проявляется при фиксированной линии зрения, что характерно для наблюдения за производственным процессом. Оптимальное направление следует определять для каждой производственной операции и вводить его в отраслевые нормы.

3. Для повышения эффективности систем освещения необходимо располагать расчетную точку не в месте расположения объекта, а на зрачке глаза, поскольку именно он является потребителем данной световой обстановки. При этом значения нормативных световых параметров будут иными, приближенными к реальным условиям наблюдения.

4. Время работы установки искусственного освещения для расчета годовых эксплуатационных затрат необходимо определять на основе подсчета годовой экспозиции естественного освещения, при этом

учитывается не только эффективность светопроемов, но и световые параметры под открытым небосводом.

Список использованных источников

1. Природне і штучне освітлення. Інженерне обладнання будівель і споруд:ДБН В.2.5-28-2006: затв. Мінбудом України 15.05.2006 [Чинні від 2006-10-01]. – К.: Мінбуд України, 2006. – II, 76 с.
2. Природне і штучне освітлення. ДБН В.2.5-28-2006. Зміна № 2. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 36 с.
3. Arndt W. Raumbeleuchtungstechnik. – Berlin. 1931.
4. Егорченков В. А., Соловьев А. К. Проектирование систем естественного освещения промышленных зданий с использованием пространственных характеристик световой среды// Промышленное строительство. – 1983. – №7. – С. 17-19.
5. Иоффе К.И. Биологическое влияние видимого света на организм человека// Світлотехніка та електроенергетика. – 2008. – №3. – С.21-29.
6. Естественное освещение зданий:СП 23-102-2003. Свод правил по проектированию и строительству. – М., 2005. – 87 с.

Стаття надійшла до редколегії 01.11.2015