

Современные подходы к нормированию естественного освещения жилых зданий. Результаты исследований

А.К. СОЛОВЬЁВ

НИУ МГСУ, Москва
E-mail: agpz@mgsu.ru

Аннотация

В помещениях жилых зданий практически не предъявляется требований к условиям зрительной работы. Световая среда оценивается по критерию насыщенности помещений естественным светом. Здесь также большое значение имеет требуемое время использования естественного света и обеспечение естественного освещения в пространстве. Задача для жилых зданий – связать эти критерии для создания комплексного метода нормирования естественного освещения в таких помещениях. В статье рассматриваются современные подходы к нормированию естественного освещения – от традиционного, с помощью КЕО, до новейших разработок, связанных с динамической оценкой естественного освещения во времени и пространстве (при обязательном учёте реального среднестатистического состояния небосвода, характерного для данной местности). Анализируются оценка метода КЕО и его энергетические показатели и даётся сравнение с нормами ФРГ. Приводятся результаты исследований в МГСУ по оценке естественного освещения с помощью пространственно-критерия светового поля – цилиндрической освещённости, которая наилучшим образом характеризует насыщенность светом помещения. Отмечается, что естественная освещённость в полном объёме не требуется на всей площади жилой комнаты в течение всего светового дня. При этом можно найти связь КЕО с коэффициентом естественной цилиндрической освещённости (КЕЦО). Это обеспечивает связь традиционного нормирования с нормированием по насыщенности помещений естественным светом. Окончательная оценка нормируемых параметров естественного освещения в жилых помещениях производится с использованием методов психофизики (для связи основных и второстепенных факторов, влияющих на комфорт световой среды).

Ключевые слова: естественное освещение, световая среда, зрительная работа, насыщенность светом помещений, нормирование естественного освещения, цилиндрическая освещённость, световой климат, энергетическая эффективность, статическое нормирование, динамическое нормирование, психофизическая оценка.

Введение

XX век явился периодом становления и расцвета науки о естественном освещении зданий. Все разработки этого времени представляли собой попытку как можно точнее определять условия естественного освещения в помещениях. Были созданы методы расчёта коэффициентов естественной освещённости (КЕО) [1–3], которые с некоторой степенью точности позволяли определять эти условия. Для того, чтобы результаты расчёта могли сравниваться

друг с другом, пришлось принять основное допущение об условиях облачности, которая является самой нестабильной и неопределённой характеристикой. В качестве основного допущения МКО приняла пасмурный небосвод за наихудшее условие для естественного освещения. При этом условии стали сравниваться значения КЕО в помещениях разного назначения с нормами. Относительные величины – КЕО были включены в нормы. Однако эти нормы базировались на требуемых условиях зрительной работы при искусственном освещении. Эти условия определялись методами психофизики по скорости и точности различения наблюдателями условных объектов (кольца Ландольдта) и по утомляемости наблюдателей во времени. В жилых зданиях задачи зрительной работы трудно определимы, поэтому для жилых комнат нормируемый уровень общей искусственной освещённости составляет 150 лк, причём в примечаниях сказано, что это рекомендуемое значение. Нормы естественного освещения были получены из условия равенства количества освещения при искусственном освещении за год и количества естественного освещения за год, получаемого суммированием «интегралов» средних часовых значений наружной естественной освещённости для каждого месяца в течение светового дня в том районе, где расположено рассматриваемое здание, и умножением на количество дней в месяце. Отношение первого значения ко второму в процентах составляет значение среднего КЕО. Среднее КЕО следует отличать от КЕО в центре помещения. Оно примерно в 1,5 раза больше. Например, для Москвы при нормируемой освещённости по условиям зрительной работы, равной 150 лк, при односменной работе в течение 8 ч и 226 рабочих днях в году количество искусственного освещения за год $A_{иск} = 150 \times 8 \times 226 = 271200$ лк·ч/год.

При начале работы в 9 ч 00 мин и окончании работы в 18 ч 00 мин (1 ч обеденного перерыва) количество естественного освещения под открытым небом составит сумму интегралов функций изменения суммарной естественной освещённости для Москвы (согласно данным СП 367.1325800.2017 «Здания жилые и общественные. Правила проектирования естественного и совмещённого освещения»). Эта сумма составит 36160000 лк·ч/год. Среднее значение КЕО составит $(271200 / 36160000) \cdot 100 = 0,75 \%$, а значение КЕО в центре комнаты – $0,75/1,5 = 0,5 \%$. Это значение определено по существующей системе нормирования естественного освещения в РФ. Но является ли оно удовлетворяющим условию комфорта внутренней световой среды по насыщенности светом помещений? Это было подвергнуто сомнению в статье аспиранта кафедры «Проектирование зданий и сооружений» НИУ МГСУ Н.А. Муравьёвой [4]. Её исследования базировались на работе М.М. Епанешникова и Т.А. Сидоровой [5], по искусственному освещению станций метрополитена. Было по-

казано, что наилучшей характеристикой, определяющей насыщенность светом помещений, является пространственная характеристика светового поля – цилиндрическая освещённость. При этом насыщенность светом перонных залов метро оказалась для наблюдателей приемлемой уже при 200 лк цилиндрической освещённости.

Связь КЕО с пространственной характеристикой светового поля – цилиндрической освещённостью

Как же связать традиционную плоскостную характеристику светового поля – КЕО с величиной, характеризующей цилиндрическую освещённость – коэффициентом естественной цилиндрической освещённости (КЕЦО). Последний представляет собой отношение внутренней цилиндрической освещённости $E_{ц}$ к одновременной наружной горизонтальной освещённости $E_{н}$, взятое в %. Брать в качестве КЕЦО отношение внутренней и наружной цилиндрических освещённостей смысла не имеет, так как все данные о световом климате во всём мире привязаны к $E_{н}$, а данных о наружной естественной цилиндрической освещённости просто не существует. В то же время $E_{н}$ хорошо характеризует изменение и уровень естественного освещения [6].

В НИУ МГСУ под руководством автора были проведены экспериментальные исследования, которые показали, что в помещениях с обычными окнами с подоконником на высоте 1 м от пола графики КЕО и КЕЦО пересекаются почти точно в центре характерного разреза помещения (КЕО на уровне рабочей поверхности и КЕЦО на уровне глаз наблюдателя, на высоте 1,5 м от пола) [4] при любых параметрах помещений. Таким образом, эти исследования показали, как можно соединить существующую систему нормирования с нормированием по насыщенности помещения светом. Предварительные исследования в жилых помещениях показали, что наблюдатели считают приемлемой насыщенность помещения светом при цилиндрической освещённости 120 лк. Следовательно, в центре помещения это значение соответствует горизонтальной освещённости 120 лк. Если перейти к КЕО, то при искусственной освещённости 120 лк по 8 ч в сутки при 30 сутках в месяце годовое количество искусственного освещения составит $120 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 30 = 345600$ лк·ч/год. Значение нормируемого КЕО в центре жилого помещения на уровне рабочей поверхности составит $(345600/3616000) \cdot 100 \approx 1,0$ %. Если сравнивать полученное значение с нормами ФРГ (DIN5034–1, приложение А.1), то там указано, что в помещениях для длительного пребывания людей с окнами для «достаточной светлоты» значение КЕО в половине глубины помещения на высоте 0,85 м над полом и на расстоянии 1 м от боковых стен должно составлять не менее 0,9 % в середине между этими точками и не менее 0,75 % в каждой из них. Таким образом, полученное значение примерно согласуется с нормами ФРГ, и этому получено экспериментальное обоснование. Конечно, оно ещё требует до проверки дополнительными психофизическими исследованиями, однако принципы нормирования, изложенные в статье, использоваться могут.

Следует отметить, что в научной литературе отсутствует какое-либо обоснование для жилых зданий как норм ФРГ, так и норм РФ, которые требуют в одной из комнат одно-, двух- и трёхкомнатных квартир и в двух комнатах

четырёх- и более комнатных квартир КЕО на уровне 0,5 %, на расстоянии 1 м от стены, противоположной окнам, на полу; а в остальных комнатах такой же КЕО должен быть в центре помещений.

Учёт реального светового климата местности при нормировании естественной освещённости

В обзоре [5] показано, что есть два пути стандартизации естественного освещения: по простому, «статическому», критерию КЕО при небосводе, полностью закрытом облаками; на основе «динамического» критерия «автономность естественного света», связанного с абсолютными значениями естественной освещённости. Этот путь в настоящее время активно внедряется Британским институтом строительных исследований по оценке среды (BREEM). Согласно ему, естественное освещение помещений должно удовлетворять двум следующим условиям:

- минимальное значение среднего КЕО должно обеспечиваться на высоте условной рабочей поверхности на 80 % площади помещения;
- естественная освещённость должна не менее 2650 ч в год составлять 200 лк в среднем или 60 лк в наихудших местах помещения с точки зрения освещения.

Среднее значение КЕО в обычных помещениях зависит от широты местности, изменяясь от 1,5 % для широт ниже 40° и до 2,2 % для широт выше 60°. Для жилых зданий такие нормативы не приводятся.

Мы видим, что, применяя нормирование по динамическому критерию «автономии естественного света» мы учитываем изменение естественной освещённости по месяцам и в течение дня. Это можно рассматривать как более высокую ступень нормирования, для которой, однако, необходимы данные о световом климате местности в динамике по месяцам года и по времени дня. Конечно, простой «статический» критерий использовать проще, учитывая световой климат введением светоклиматических коэффициентов в расчётную формулу. Но обеспечиваемая этим точность невелика. Вообще же понятие КЕО универсально; глаз человека не оценивает абсолютные освещённости, а только относительные в сравнении с освещённостью чего-либо. В данном случае это $E_{н}$. Поэтому отказываться от относительных величин при оценке естественного освещения нельзя, и КЕО или КЕЦО (или другие относительные пространственные характеристики светового поля, отнесённые к $E_{н}$) являются полноценными оценочными характеристиками естественного освещения, которыми мы будем оперировать и в будущем. Связать статический и динамический критерии оценки естественного света – важная задача для специалистов по естественному освещению. И в первую очередь это касается светового климата местности. Световой климат зависит от многих факторов: 1) широта местности и, в связи с этим, высота подъёма солнца над горизонтом; 2) продолжительность светового дня; 3) статистика облачности и её преобладающие виды. В статье С. Дарулы и Р. Китлера [6] предложено классифицировать 15 типов небосвода по распределению яркости – от ясного до пасмурного, полностью покрытого 10-балльной облачностью. При этом КЕО, как постоянная величина для данной точки помещения, имеет смысл только при пасмурном небосводе с распределением яркости

МКО по закону П. Муна и Д. Спенсер и при равном уровне неба, которое тоже иногда встречается в статистическом плане, особенно в случае систем верхнего естественного освещения. Во всех остальных случаях КЕО зависит от положения солнца на небосводе, так как вокруг солнца образуется ореол повышенной яркости, который влияет на КЕО. Этот ореол в течение дня перемещается относительно ориентации окна. Поэтому необходимо выбирать такое положение солнца относительно ориентации окна, которое подходит для цели расчёта КЕО (например, для сравнения естественного освещения в разных помещениях или определения затрат энергии на устройство естественного освещения).

Определение типа небосвода по С. Даруле и Р. Киттлеру достаточно сложно. Для этого не всегда хватает данных по световому климату в той или иной местности. В НИУ МГСУ разработана другая возможность определять распределение яркости реального небосвода – по соотношению суммарной и диффузной горизонтальных освещённости по часам дня (например, 15-го числа каждого месяца). При отсутствии данных об освещённости можно использовать данные о суммарной и диффузной солнечной радиации, которые имеются на многочисленных актинометрических станциях, имеющихся во всех городах России. Построить графики часового хода E_n для любого города можно посредством светового эквивалента солнечной радиации [7–9]. Подобным образом в НИУ МГСУ получены графики хода E_n при реальном среднестатистическом небе для городов Вьетнама.

Определение площади светопроёмов как упрощение для проектировщиков естественного освещения

До конца первой половины XX века одним из способов нормирования естественного освещения было нормативное определение отношения площади окон в помещении к площади пола. Теперь это называется «проёмностью помещения». Данный способ прост и удобен для проектировщиков, но не является точным. После того нормы усложнились, вводились новые показатели, основным из которых был КЕО. Несмотря на это, попытки упрощать расчёты и проектирование не прекращались. Наиболее просто это можно представить характеристикой, выраженной через отношение площади окон к площади пола. В СНиП П-4.79 «Естественное и искусственное освещение» и в последующих сводах правил рекомендовалось проектирование систем естественного освещения вести в две стадии. Первая стадия предполагала приближённое определение площади светопроёмов, которое основывалось на формулах для бокового и для верхнего естественного освещения:

$$100 \cdot \frac{S_o}{S_n} = \frac{e_{\text{норм}} \cdot \eta_o}{\tau_o \cdot r_o} \cdot K_{\text{зд}} \cdot K_3, \quad (1)$$

$$100 \cdot \frac{S_\phi}{S_n} = \frac{e_{\text{норм}} \cdot K_3 \cdot \eta_\phi}{\tau_o \cdot r_2 \cdot K_\phi}. \quad (2)$$

Здесь S_o , S_ϕ и S_n – площади окон, фонарей и пола, $e_{\text{норм}}$ – нормируемый КЕО, τ_o – общий коэффициент светопропу-

скания проёмов, r_o и r_2 – коэффициенты, учитывающие влияние отражённого света от внутренних поверхностей помещения в расчётной точке при боковом и при верхнем естественном освещении, $K_{\text{зд}}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящими зданиями, K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение проёмов, K_ϕ – коэффициент, учитывающий тип фонаря, η_o – световая характеристика окна, показывающая отношение S_o к S_n в %, обеспечивающее значение КЕО в 1 % в расчётной точке в глубине помещения на условной рабочей поверхности, η_ϕ – световая характеристика фонаря.

Для наиболее распространённых геометрических и светотехнических параметров боковых и верхних светопроёмов в позднейшем своде правил СП 23–102–2003 приведены графики для определения относительной площади светопроёмов, несколько упрощающие расчёт по формулам (1) и (2). Если рассматривать эти графики, то можно отметить, что для светопроёмов верхнего света имеет место прямая пропорциональность между значениями КЕО и проёмности (т.е. отношения S_o/S_n). Для светопроёмов бокового естественного освещения графики построены по другому принципу: здесь (как показано на рис. 1) проёмность S_o/S_n зависит от отношения глубины помещения d_n к высоте верха окна над рабочей плоскостью h_o . При этом затенение противостоящими зданиями отсутствует. Графики представлены серией кривых. Если представить зависимости КЕО от проёмности, то они также будут выражать прямую пропорциональность между этими величинами. Для этого необходимо просто выбрать характерные соотношения глубины помещения с высотой до верха окна и построить серию графиков. На рис. 2 такие графики, построенные в МГСУ, показаны в качестве примера для характерных параметров рабочих комнат.

Для нормирования естественного освещения, возможно, следует вернуться к определению «проёмности» помещений, но уже на более высоком уровне, повышающем точность и наиболее удобном для проектировщиков.

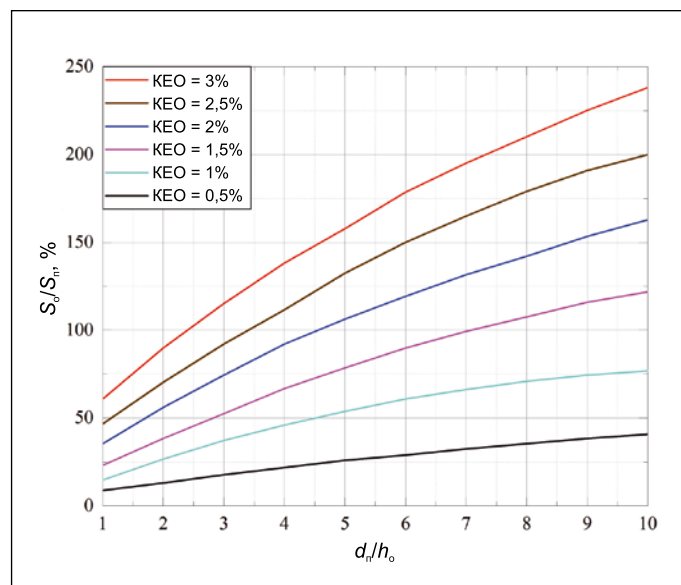


Рис. 1. Зависимость проёмности S_o/S_n от отношения глубины помещения d_n к высоте верха окна от рабочей плоскости h_o

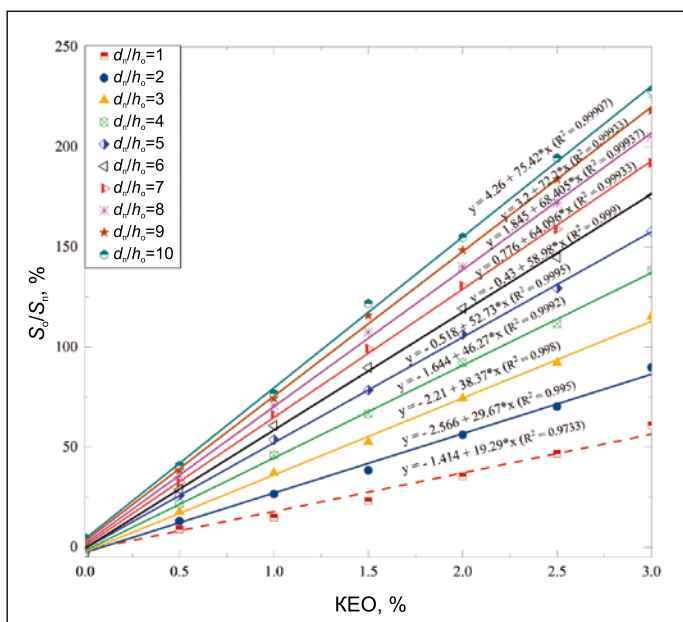


Рис. 2. Зависимость проёмности S_0/S_n от КЕО

Энергоэффективность оконных проёмов

Площадь окон тесно связана с уровнем энергозатрат на устройство светопроёмов в здании. Чем больше светопроёмы, тем меньше затраты электроэнергии на искусственное освещение. Это подтверждается вышесказанным о том, что КЕО пропорционален отношению S_0/S_n (т.е. проёмности). Но чем больше площадь окон, тем больше теплопотери через них зимой, так как сопротивление теплопередаче хорошим окон примерно втрое меньше сопротивления теплопередаче глухих частей стен. Конечно, сопротивление теплопередаче у современных окон теоретически может достигать значений практически как у стен, но по соображениям экономии энергии это пока невозможно.

Летом, чем больше площадь окон, тем больше теплопоступление в помещения через окна южной, западной и юго-восточной ориентаций. Через окна восточной ориентации в помещение проходит меньше тепла, так как солнце ещё не успевает прогреть воздух после ночи. Однако солнечная тепловая радиация и в этом случае должна учитываться в тепловом балансе помещения. Через северные светопроёмы идут в основном лишь теплопотери и естественное освещение помещений. Поэтому с северной стороны следует располагать помещения с пониженными требованиями к естественному освещению и, соответственно, уменьшать размеры оконных проёмов.

Таким образом, затраты энергии на электрическое освещение, отопление, вентиляцию и охлаждение летом должны быть минимальны. Для этого необходимо находить соответствующую площадь светопроёмов. Эта площадь может быть разной в зависимости от климатических условий места строительства. Такая оптимальная с энергетической точки зрения площадь остекления должна быть сопоставлена с необходимой площадью окон по условиям освещения с учётом насыщенности помещения естественным светом, условий зрительной работы, необходимого времени её обеспечения и необходимой площади помещения, в котором она должна обеспечиваться в это время.

Методика определения энергетических затрат на устройство светопроёмов была разработана ещё в 1985 г. в НИИСФ [10] и представляется весьма надёжной, но в настоящее время она незначительно изменена нами в связи с появлением новых кондиционеров воздуха и несколько упрощена [11]. Нами также была разработана компьютерная программа «ECON», с помощью которой определены энергоэффективные размеры зенитных фонарей в климатических условиях г. Архангельск. Надеюсь, что ниже следующее подробное изложение этой методики будет интересно проектировщикам.

Суммарные затраты энергии должны рассчитываться с переводом в затраты условного топлива, так как на производство тепловой энергии и электрической энергии требуются разные затраты. Поэтому их следует рассчитывать по формуле

$$\omega_{\text{усл}} = A_1 \cdot \omega_{\text{т.от}} + A_2 \cdot (\omega_{\text{э.от}} + \omega_{\text{э.в}} + \omega_{\text{э.х}} + \omega_{\text{э.и}}),$$

где $A_1 = 41,2$ кг/ГДж и $A_2 = 0,33$ кг/(кВт·ч) – удельный расход условного топлива на электростанциях общего использования на 1 ГДж тепловой энергии и на 1 кВт·ч электроэнергии; $\omega_{\text{т.от}}$ – затраты энергии на восполнение теплопотерь через светопроёмы, ГДж/м²/год; $\omega_{\text{э.от}}$ – удельный годовой расход электроэнергии на отопление, принимаемый рассчитанным по формуле

$$\omega_{\text{э.от}} = 7,1 \cdot \omega_{\text{т.от}}$$

для систем воздушного отопления и равным нулю для других систем отопления; $\omega_{\text{э.в}}$ – удельное количество электроэнергии на вентиляцию, кВт·ч/м²; $\omega_{\text{э.х}}$ – удельные энергозатраты в год на охлаждение приточного воздуха кВт·ч/м²; $\omega_{\text{э.и}}$ – удельные энергозатраты на искусственное освещение в год, кВт·ч/м². Определение затрат энергии на отопление, вентиляцию, охлаждение и искусственное освещение производится по формулам из пособия [10]. Значения $\omega_{\text{т.от}}$ определяются по формуле

$$\omega_{\text{т.от}} = 10^{-6} \cdot 1,1 \cdot 3,6 \cdot (1,3 + \eta) \cdot \left(\frac{1}{R_{\text{ск}}} - \frac{1}{R}\right) \times \\ \times (t - t_{\text{от}}) \cdot Z_{\text{от}} \cdot 24 \cdot \frac{S_{\text{ск}}}{S_{\text{п}}}$$

Здесь 1,1 – коэффициент, учитывающий бесполезные потери тепла в системе отопления; 3,6 – коэффициент пересчёта единиц кДж/(Вт·ч); 1,3 – коэффициент, учитывающий потери тепла на нагревание наружного воздуха, поступающего через светопроёмы путём инфильтрации (этот коэффициент при высокой герметизации проёмов может приближаться к 1,0); η – коэффициент, учитывающий добавочные потери тепла (его значение следует принимать по СНиП «Отопление и вентиляция»); $R_{\text{ск}}$ и R – сопротивления теплопередаче светопрозрачной конструкции и стены «по глади»; t и $t_{\text{от}}$ – расчётные температуры внутреннего воздуха и отопительного периода; $Z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода, сут.; 24 – количество часов в сутках; $S_{\text{ск}}$ и $S_{\text{п}}$ – площади светопроёмов и пола в помещении, м².

Затраты электрической энергии на охлаждение с помощью кондиционеров (при их наличии в доме) определяются по формуле

$$\omega_{\text{э.х}} = 10^{-3} \cdot (1,3 + \eta) \cdot \left(\frac{1}{R_{\text{ск}}} - \frac{1}{R} \right) \times \\ \times (t_{\text{ср.охл}} - t_{\text{х}}) \cdot T_{28} \cdot \frac{S_{\text{ск}}}{S_{\text{п}}} + 0,72 \cdot L_0 \cdot N_{\text{а}} \cdot T_{28}.$$

Здесь $t_{\text{ср.охл}}$ – средняя температура наружного воздуха за период охлаждения, определяется по «справочнику» [12] (по таблице повторяемости температур в часах, по убывающему итогу часов с температурой выше 28 °С); $t_{\text{х}}$ – максимально допустимая температура внутреннего воздуха в период охлаждения, принимаемая из гигиенических соображений (в России такой нормируемой температуры нет, но по опыту применения бытовых кондиционеров она может быть принята равной 24 °С); T_{28} – продолжительность периода охлаждения в сутках, принимаемая по тому же «справочнику» [12]; $N_{\text{а}}$ – удельный расход электроэнергии на охлаждение, кВт·ч/м³; L_0 – производительность системы вентиляции в устройствах распределения охлажденного воздуха («фенкойлах») и вообще, в системах вентиляции, м³/ч на 1 м² площади пола, рассчитываемая как

$$L_0 = \frac{3,6 \cdot q_{\text{рад}}^{\text{макс}}}{c \cdot \rho \cdot (t_{\text{ср.охл}} - t_{\text{х}})},$$

Здесь $c = 1$ кДж/кг/°С – удельная теплоёмкость воздуха; $\rho = 1,2$ кг/м³ – плотность воздуха; $q_{\text{рад}}^{\text{макс}}$ – радиационные поступления в помещение, Вт/м², наибольшее значение которых определяется максимальным значением суммарной солнечной радиации, падающей на плоскость светопрёма данной ориентации в течение суток и которые рассчитываются по формуле

$$q_{\text{рад}}^{\text{макс}} = Q_{\text{В}}^{\text{макс}} \cdot \tau_{\text{с}} \cdot \tau_2 \cdot MF \cdot \beta_{\text{сз}} \cdot \frac{S_{\text{ск}}}{S_{\text{п}}}.$$

Где $Q_{\text{В}}^{\text{макс}}$ – максимальное значение солнечной радиации, приходящей в данной местности на вертикальную поверхность самой неблагоприятной – западной – ориентации в июле; $\tau_{\text{с}}$ – коэффициент теплопропускания окон; τ_2 – коэффициент светопропускания, зависящий от вида переплётов (для однокамерных стеклопакетов в пластмассовых переплётах $\tau_2 = 0,69$, а для двукамерных – 0,57), MF – коэффициент эксплуатации, учитывающий загрязнение; $\beta_{\text{сз}}$ – коэффициент теплопропускания солнцезащитных устройств (при их наличии), отн. ед. (Коэффициенты определяются по СП 367.1325800.2017).

Затраты энергии на искусственное освещение рассчитываются по формуле

$$\omega_{\text{э.и}} = 10^{-3} \cdot E \cdot K_{\text{з.и}} \cdot Z \cdot \alpha \cdot P_{\text{л}} \cdot (1 + \beta) \cdot \frac{T_{\text{и}}}{\Phi_{\text{л}} \cdot I_{\text{св}}}.$$

Здесь E – нормируемое значение искусственной освещённости, $\Phi_{\text{л}}$ – световой поток ламп искусственного освещения, $T_{\text{и}}$ – время использования искусственного освещения, $P_{\text{л}}$ – мощность ламп, $I_{\text{св}}$ – коэффициент использования светового потока светильника [13], α – коэффициент,

учитывающий потери энергии в ПРА, β – то же в сети, Z – коэффициент, учитывающий неравномерность освещённости (принимается равным 1,15 для ламп направленного света и 1,1 для люминесцентных).

Для определения времени использования искусственного освещения можно пользоваться таблицами [10] или аналитическим методом с аппроксимацией графиков хода $E_{\text{н}}$ в зависимости от синуса высоты солнца с небольшими поправками на состояние облачности.

Таким образом, по этой методике можно определять энергетическую эффективность проёмности для данного места строительства и, если надо, корректировать размеры окон с учётом их ориентации по странам света.

Проверка нормирования естественного освещения методами психофизики

Окончательно все методы определения нормативных требований к естественному освещению жилых помещений следует проверять методом психофизики. Действительно, мы можем рассчитывать физические параметры естественного освещения в помещении и определять требования к уровням естественной освещённости по условиям некоторой зрительной работы с определением нормированных значений КЕО, но только потребность жителей, определённая методом психофизики, даёт нам окончательный ответ.

В МГСУ психофизическими исследованиями занимались ещё в конце XX века применительно к вопросам движения людских потоков и к вопросам использования пространственных характеристик светового поля для улучшения условий зрительной работы с объёмными и рельефными объектами различения. Эти исследования проводились совместно с существовавшей в то время лабораторией психофизики МГУ по разработанным в этой лаборатории методикам применительно к нашим задачам. В настоящее время при проведении исследований мы используем работы американского учёного Х. Хелсона [14], в которых он предлагает рассматривать любые вопросы по ощущению и восприятию, связанные с субъективной оценкой наблюдателями, как сумму основного, второстепенного и фонового факторов, возведённых в степени, показатели которых (весовые коэффициенты) указывают значимость этих факторов при оценке. Расчётная формула Х. Хелсона такова: $A = X^p \cdot B^q \cdot R^r$. Здесь X – основной фактор; если это освещённость, то только необходимая для обеспечения основной задачи. В помещениях, где основным является зрительная работа, это нормируемая искусственная освещённость, а где основные требования предъявляются к насыщенности помещения естественным светом, это цилиндрическая освещённость, определяемая в НИУ МГСУ по результатам психофизических исследований [15]. Для жилых помещений основным фактором служит именно этот фактор, а нормируемая искусственная освещённость – фактор второстепенный (B). Фоновый же фактор R для жилых помещений может вообще отсутствовать. Значения весовых коэффициентов p , q и r могут зависеть от оцениваемых ситуаций. При этом, в жилых помещениях основной и фоновый факторы могут оцениваться, например, при $p = 0,7$ и $q = 0,3$ (что уточняется анализом периодов занятия жильцами разного вида активности в домашних условиях).

Заключение

В настоящей статье показаны результаты научных работ, выполненных в НИУ МГСУ и в ряде других научно-исследовательских организаций мира, которые при соответствующей доработке могут быть положены в основу нормирования естественного освещения жилых зданий. По этим результатам можно формулировать направления дальнейших исследований в области естественного освещения зданий. Для жилых зданий этими направлениями могут быть следующие.

- Определение требуемой средней освещённости (в лк), которую необходимо обеспечивать в жилой комнате в течение определённого периода светового дня в течение года. Определение доли (в %) площади помещения, на которой надо обеспечивать требуемый уровень средней освещённости в течение определённого периода светового дня в течение года.

- Определение периода года, в течение которого на данной доле площади помещения надо обеспечивать требуемую среднюю освещённость в течение светового дня.

- Определение среднего значения КЕО, которое надо обеспечивать на данной доле площади помещения. Определение проёмности помещения.

- Проверка энергетической эффективности полученной площади остекления по расходу условного топлива на отопление, охлаждение и искусственное освещение на 1 м² площади помещения.

- Корректировка проёмности по ориентации проёмов по сторонам света.

- Расчёт по формуле Хельсона требуемого значения освещённости в зависимости от требований к помещению по уровню основного фактора (например, насыщенности естественным светом помещения) и уровню второстепенного фактора (например, по условиям зрительной работы).

- Определение по этому значению нормируемого среднего значения КЕО в помещении.

Каждое из этих направлений может быть самостоятельной темой исследования, особенно, если рассматривать не только жилые здания, но и здания и помещения, где условия зрительной работы являются определяющими. В случае объёмных и рельефных объектов различного характера следует использовать такие пространственные характеристики светового поля, как средняя сферическая освещённость, средняя полусферическая освещённость, световой вектор и их соотношения [16]. Использование пространственных характеристик светового поля только за счёт собственного тенеобразования может значительно снижать затраты электроэнергии на искусственное освещение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев Н.М. Основы строительной физики: [Учебник для вузов по спец. «Архитектура»]. – М.: Стройиздат, 1975. – 440 с.
2. Гусев Н.М., Киреев Н.Н. Освещение промышленных зданий. – М.: Стройиздат, 1968. – 161 с.
3. СНиП П-А.4–79 «Естественное и искусственное освещение».
4. Муравьёва Н.А., Соловьёв А.К. Система определения требуемых параметров естественной световой среды в помещениях по критерию насыщенности естественным светом // Научное обозрение. – 2013. – № 9. – С. 132–137.

5. Дарула С. Обзор современного состояния и перспектив стандартизации в области естественного внутреннего освещения // Светотехника. – 2019. – № 1. – С. 6–20.

6. Дарула С., Кумтлер Р. Классификация естественного освещения в условиях облачности // Светотехника. – 2014. – № 5. – С. 37–45.

7. Perez R., Seals R., Michalsky J. All weather for sky luminance distribution – Preliminary configuration and validation. // Solar Energy. – 1993. – Vol. 13, No. 4. – P. 235–245.

8. Littlefair P.J. The luminance distribution of the average sky // Lighting Research and Technology. – 1998. – Vol. 13, No. 4. – P. 192–198.

9. Nakamura H., Oki M., Hayashi Y. Luminance distribution of the intermediate sky // Journal of Light and Visual Environment. – 1985. – Vol. 9, No. 1. – P. 6–13.

10. НИИСФ Госстроя СССР. Пособие по расчёту и проектированию естественного, искусственного и совмещённого освещения (к СНиП П-4–79). – М.: Стройиздат, 1985.

11. Соловьёв А.К., Жуёну Б. Выбор площади оконных проёмов жилых зданий в условиях муссонного климата Дальнего Востока РФ и северных районов КНР // Светотехника. – 2019. – № 5. – С. 49–54.

12. СНиП П-А.6–72 «Строительная климатология и геофизика». Строительные нормы и правила. Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1973. (Используется как справочник.)

13. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М. Кнорринга. – Л.: Энергия, 1976. – 384 с.

14. Helson H. Adaptation level theory. – New York: Harper & Row, 1964. – 732 p.

15. Соловьёв А.К., Стецкий С.В., Муравьёва Н.А. Комфортная световая среда при естественном и совмещённом освещении. Определение её характеристик методом субъективных экспертных оценок // Светотехника. – 2018. – № 3. – С. 32–38.

16. Solovev A.K. Die Anwendung der Lichtfeldtheorie bei der Projektierung der Beleuchtung von Arbeitstaeten // Licht. – 1996. – Nu. 5. – S. 442–446.



Соловьёв Алексей Кириллович, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1965 г. МИСИ им. В.В. Куйбышева. Профессор кафедры «Проектирование зданий и сооружений» НИУ МГСУ. Советник РААСН. Член Европейской академии наук и искусств и редколлегии журнала «Светотехника/Light & Engineering». Имеет звания «Почётный строитель РФ» и «Заслуженный работник высшей школы РФ»

«Лисма» расширяет линейку облучателей против коронавируса

Оперативным ответом предприятия на угрозу распространения коронавируса стала разработка бактерицидных облучателей «Aladdin-19» и «Aladdin-19 Slim», которые уничтожают 99,9 % патогенных микроорганизмов: вирусов, в том числе коронавируса, бактерий, грибов, плесени, золотистого стафилококка.

Бактерицидное действие оказывается УФ излучением; у «Aladdin-19» излучающим элементом служит лампа ДРТ-125, а у «Aladdin-19 Slim» – две лампы ДБ-8.

Оба прибора – собственная разработка «Лисмы», и сегодня именно УФ облучение – наиболее эффективный способ дезинфекции общественных мест, транспорта, больничных палат и жилых помещений, поддерживаемый Минздравом РФ. «Aladdin-19» выпускается на предприятии уже около месяца и активно продаётся по всей России, а «Aladdin-19 Slim» поступит в продажу в начале июля.

lisma.su
30.06.2020