

УДК 628.921/928

О.В. СЕРГЕЙЧУК, д-р техн. наук,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры (Украина)

Особенности расчета естественного освещения помещений по нормативной методике Украины

Обоснованы положения, на основе которых разработано Изменение № 2 украинских норм по естественному освещению помещений ДБН В.2.5-28-2006. Основное внимание уделено необходимости переноса учета светового климата из нормирования в расчет; светоклиматическому районированию Украины, расчету относительной яркости противостоящих зданий; учету влияния рамы на светопропускание светопроема.

Ключевые слова: освещенность, яркость, коэффициент естественной освещенности, световой климат.

Определение оптимальной площади, формы и размещения светопроемов является очень важным вопросом при проектировании энергоэффективных зданий, поскольку светопроемы являются наиболее уязвимыми элементами теплоизоляционной оболочки. С точки зрения тепло- и звукоизоляции желательно иметь окна и фонари минимальной площади. Но с точки зрения экономии электрической энергии на искусственное освещение помещений желательны светопроемы большой площади. Согласование этих противоречивых требований должны осуществлять нормы по освещению помещений. В Украине это ДБН В.2.5-28-2006 «Естественное и искусственное освещение». Однако практика их применения показала, что они имеют ряд существенных недостатков, которые перешли из норм СССР СНиП II-4-79 «Естественное и искусственное освещение» и действующих в некоторых странах СНГ межгосударственных строительных норм по естественному освещению МСН 2.04-05-95 «Естественное и искусственное освещение». В 2008 г. было принято Изменение № 1 ДБН В.2.5-28, которое касалось лишь уточнения нормативных показателей освещен-

ности основных помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий. Это изменение не исправило ситуацию, а наоборот, усугубило ее, так как принятые завышенные значения нормативных коэффициентов естественного освещения (КЕО) для ряда помещений не могли быть достигнуты на практике.

В связи с указанными обстоятельствами в Минрегионе Украины было принято решение о разработке Изменения № 2 ДБН В.2.5-28, которое вступило в действие 1 сентября 2012 г. Поскольку речь шла не о создании новых норм, а лишь о внесении изменений в существующие, авторы не ставили себе целью кардинального изменения подхода при решении задач по расчету систем естественного освещения зданий. Поэтому Изменение № 2 следует рассматривать как временную меру, направленную на устранение грубых ошибок существующей нормативной методики расчета КЕО.

Основой Изменения № 2 послужили работы авторов документа [1-4], в которых исследованы различные аспекты указанной проблемы. Однако при работе над нормами возникла необходимость их существенного развития, учета особенностей измене-

ния климата Украины за последние годы и адаптации методики расчета для возможности использования ее в проектной практике.

Целью данной статьи является обоснование методических принципов, положенных в основу разработки Изменения № 2 украинских норм по естественному освещению, что представляется важным в связи с тем, что нормы России и Украины построены на общей базе, заложенной еще в СНиП II 4-79.

Изменение № 2 содержит следующие основные положения: учет светового климата перенесен из нормирования в расчет; уточнение зонирования территории Украины по ресурсам светового климата; уточнение нормативных значений КЕО в помещениях гражданского назначения; конкретизацию расчета КЕО при наклонных светопроемах; уточнение положения расчетных точек в по-



Рис. 1. Светоклиматическое районирование территории Украины

мещениях и их минимального числа; развитие метода расчета КЕО от верхних светопроемов на случай их частичного затенения окружающей застройкой; уточнение методики расчета геометрического КЕО по графикам А.М. Данилюка для сложных случаев градостроительной ситуации; изменение методики учета света, отраженного от соседних зданий; усовершенствование расчета коэффициента светопропускания светопроемов; нормирование и расчет естественного освещения увязаны с инсоляцией и солнцезащитой помещений; узаконена возможность применения для естественного освещения специальных отражающих систем и полых световодов.

В рамках данной статьи рассматриваются лишь изменения, которые имеют принципиальное значение при расчетах КЕО.

В МСН 2.04–05 учет светового климата осуществляется на стадии нормирования КЕО и учитывается коэффициентом светового климата m_N , зависящим от географической широты и ориентации окна:

$$e_N = e_H \cdot m_N \quad (1)$$

где e_N – нормативное значение КЕО для рассматриваемого помещения при расчетных условиях, %; e_H – нормативное значение КЕО для рассматриваемого типа помещения при стандартных условиях, %.

Этот коэффициент учитывает относительную яркость неба, видимого из окна рассматриваемого помещения, и автоматически его значение переносится и на фасады всех зданий, которые находятся перед этим окном. Но здание, которое затеняет окно, имеет другую, часто противоположную ориентацию; для него нужно брать другое значение m_N .

Поэтому было решено перенести учет влияния географической широты и ориентации из нормирования КЕО в его расчет:

$$m = \frac{1}{m_N} \quad (2)$$

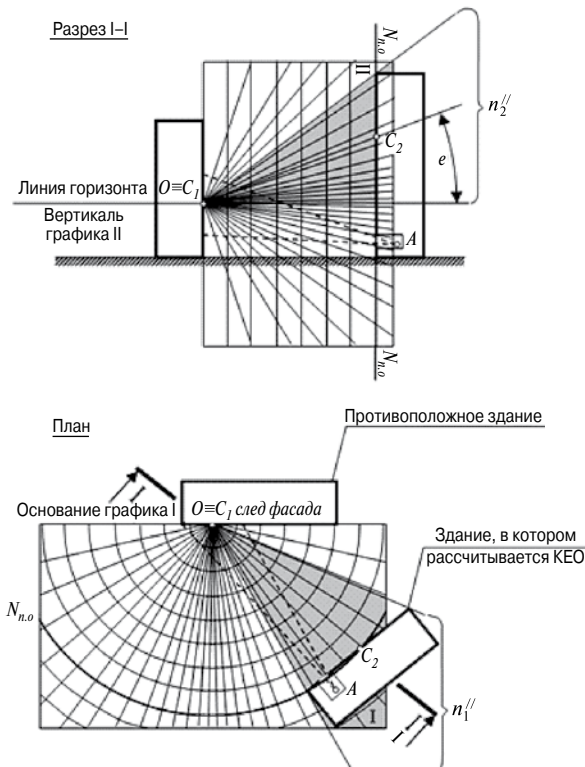


Рис. 2. Определение количества лучей и для расчета относительной яркости противостоящего здания

при этом принимая соответствующие значения m отдельно для окна и фасадов противоположных зданий.

В этом случае нормативные значения КЕО принимаются в зависимости от назначения помещений по характеру зрительной работы в них, а формулы для расчета КЕО будут иметь вид:

а) при боковом освещении:

$$e_p^b = \left(\sum_{i=1}^I \varepsilon_{Hb_i} q_i m + \sum_{j=1}^J \varepsilon_{зл_j} R_j m_j \right) r_1 \frac{\tau_0}{K_3} \quad (3)$$

б) при верхнем освещении:

$$\begin{cases} e_p^B = [\varepsilon_B + \varepsilon_{cp} (r_2 K_\Phi - 1)] \frac{\tau_0}{K_3}; \\ \varepsilon_B = \sum_{i=1}^I \varepsilon_{Hb_i} q_i m + \sum_{j=1}^J \varepsilon_{зл_j} R_j m_j; \\ \varepsilon_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_{Bi}}{N}, \end{cases} \quad (4)$$

где ε_{Hb_i} , $\varepsilon_{зл_j}$ – геометрические КЕО в расчетной точке, учитывающие соответственно прямой свет от i -го участка неба и свет, отраженный от j -го фасада противоположного здания; q_i – коэффициент, учитывающий неравномерную яркость i -го участка облачного неба; R_j – коэффициент, учитывающий относительную яркость j -го фасада противоположного здания; m , m_j – соответственно коэффициенты светового климата расчетного светопроема и j -го фасада противоположного здания; I , J – соответственно количество отдельных расчетных участков неба и фасадов противоположных зданий, наблюдаемых через светопроем из расчетной точки; r_1 , r_2 – коэффициенты, учитывающие повышение КЕО за счет света, отраженного от внутренних поверхностей помещения; τ_0 – общий коэффициент светопропускания светопроема; K_3 – коэффициент запаса; K_Φ – коэффициент, учитывающий тип фонаря; N – количество расчетных точек по характерному разрезу помещения.

В отличие от методики МСН 2.04-05 формула (4) позволяет учитывать затенение светопроемов верхнего света окружающими зданиями.

Одним из наиболее существенных недостатков ДБН В.2.5-28 являлось необоснованное разделение территории Украины только на два светоклиматических района: один район включал Одесскую область и Крым, другой – всю остальную территорию Украины. В [1] было разработано более детальное светоклиматическое районирование территории Украины. Однако оно проводилось на основе имеющихся на то время климатических данных. С введением в действие ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010 «Строительная климатология» это районирование необходимо было уточнить.

В основу районирования было положено допущение о световом эквиваленте между значениями энергетической и световой освещенности. Светоклиматические районы определяли в зависимости от значений суммарной годовой горизонтальной освещенности при реальных условиях облачности. Было выделено четыре светоклиматических района, при этом для удобства проектантов границы районов совмещены с границами областей (рис. 1). Это позволило учесть влияние географической широты и облачности.

Для определения влияния ориентации светопроемов и фасадов противоположных зданий использовали уже значения энергетической освещенности вертикальных плоскостей только рассеянным светом, так как при расчете КЕО не учитывается прямой солнечный свет. При этом по требованию гигиенистов в качестве исходного значения был принят коэффициент светового климата для вертикального окна южной ориентации

Светоклиматический район	Значение коэффициента светового климата m для светопроемов и фасадов, ориентированных на:								
	С	С-В	В	Ю-В	Ю	Ю-З	З	С-З	Зенит
I	0,95	0,98	1,02	1,04	1,05	1,04	1,02	0,98	1,01
II	1	1,04	1,09	1,11	1,12	1,12	1,1	1,04	1,08
III	1,06	1,11	1,18	1,22	1,24	1,22	1,19	1,12	1,16
IV	1,15	1,21	1,29	1,32	1,33	1,32	1,3	1,22	1,27

в IV районе $m=1,33$. Для зенитных фонарей значения m являются средними значениями m по всем ориентациям в соответствующих районах (см. таблицу).

При расположении светопроемов в плоскостях, наклоненных к горизонту под углом α , значение m определяется по формуле:

$$m = \frac{m_1 \alpha + m_2 (90 - \alpha)}{90}, \quad (5)$$

где m_1 – коэффициент светового климата для вертикального светопроема соответствующей ориентации в данном районе; m_2 – коэффициент светового климата для светового проема, ориентированного на зенит, в данном районе.

В основу разработанной в Изменении № 2 методики расчета относительной яркости противоположного здания был положен метод, предложенный в [3] и адаптированный для использования привычного для проектантов инструментария. Считается, что противоположное здание освещается только светом неба без учета света, отраженного от земной поверхности и фасадов соседних зданий. В случае, когда есть только два здания: одно – в котором рассчитывается освещенность, и второе – противоположное, значение относительной освещенности E_{ϕ} участка фасада противоположного здания, видимого из расчетной точки (РТ), будет:

$$E_{\phi} = \frac{9}{7} \left(\frac{\pi}{6} + \frac{4}{9} \right) - \frac{\varepsilon_{\text{пр}}}{100} q_1 \pi, \quad (6)$$

где $\varepsilon_{\text{пр}}$ – геометрический КЕО центра тяжести участка фасада противостоящего здания, наблюдаемого из РТ через светопроем от части неба, затеняемой зданием, в котором рассчитывается освещенность; q – относительная яркость части неба, от которой рассчитывается $\varepsilon_{\text{пр}}$.

Согласно закону Ламберта яркость участка противоположного здания равна:

$$R = \frac{E_{\phi} \rho_{\phi}}{\pi}, \quad (7)$$

где ρ_{ϕ} – средневзвешенный коэффициент светоотражения участка фасада противостоящего здания, видимого из расчетной точки.

После подстановки (7) в (6) и упрощения формула (6) принимает вид:

$$R = (0,396 - 0,01 \varepsilon_{\text{пр}} q) \rho_{\phi}. \quad (8)$$

Геометрический КЕО $\varepsilon_{\text{пр}}$ может быть определен по формуле:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,01 n_1'' n_2'' \quad (9)$$

при помощи графиков А.М. Данилюка, как показано на рис. 2.

Если фасад противоположного здания затеняется не только зданием, в котором рассчитывается освещенность, но и другими домами, коэффициент R определяется по формуле:

$$R = \left(0,396 - 0,01 \sum_{k=1}^K \varepsilon_{\text{пр}k} q_k \right) \rho_{\phi}, \quad (10)$$

где K – количество зданий, затеняющих фасад противоположного здания.

Расчет относительной яркости противоположного здания по формулам (9)–(10) дает более обоснованные значения этого коэф-

фициента по сравнению с табличными значениями в ДБН В.2.5-28.

В существовавшей методике расчета общего коэффициента светопропускания светопроема τ_0 потеря света в рамках светопроема учитывалась коэффициентом τ_2 , значение которого принималось в зависимости от вида рамы (деревянная или металлическая, одинарная, спаренная или раздельная). При этом вообще не рассматривались металлопластиковые рамы, которые сейчас наиболее распространены в строительстве. Анализ влияния рамы на светопропускание светопроема показывает, что коэффициент τ_2 зависит в первую очередь не от материала рамы, а от размера светопроема: в маленьком окне рама занимает больший процент площади проема по сравнению с большим окном. Особенно это относится к металлопластиковым рамам, так как они производятся из стандартного профиля. Поэтому в Изменении № 2 принято определять значение τ_2 по формуле:

$$\tau_2 = \frac{S_0 - S_p}{S_0}, \quad (11)$$

где S_0 – площадь светопроема (в свету); S_p – площадь части светопроема, затеняемой рамой.

Введение в действие Изменения № 2 ДБН В.2.5-28 частично исправляет принятую методику нормирования и расчета естественного освещения, но не решает проблему оптимального проектирования светопроемов для освещения помещений в энергоэффективных зданиях.

Наиболее универсальным критерием оценки естественного и совмещенного освещения является комплекс количественных и качественных характеристик, которые включают сферическую освещенность, световой вектор и контрастность освещения [5]. Изменение критериев нормирования естественного освещения нуждается в определении их необходимых значений и полной замены нормативной методики расчета. Это требует дальнейших исследований.

Список литературы

1. *Егорченков В.О.* Світловий клімат України // Будівництво України. 2005. № 2. С. 21–23.
2. *Пугачов Є. В.* Розвиток архітектурної світлогії в Україні // Вісник Нац. ун-ту водн. госп. 2007. Вип. 4(40). С. 319–325.
3. *Пугачов Є.В.* Метод наближеного розрахунку світла, відбитого фасадом в приміщенні // Прикл. геометрія та інж. графіка : міжвід. наук.-техн. зб. 2009. Вип. 82. С. 42–46.
4. *Сергейчук О.В.* Геометричні питання удосконалення нормативної методики розрахунку природного освітлення приміщень: Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. Сучасні проблеми геом. моделювання. Ч. 1. Луцьк: ЛДТУ, 2008. С. 308–313.
5. *Бахарев Д.В., Зимович И.А., Зимович М.А.* О результатах теоретического анализа эмпирической методики расчета естественного освещения методами компьютерного моделирования // Прикл. геометрія та інж. графіка : міжвід. наук.-техн. зб. 2009. Вип. 82. С. 268–273.