

А. Л. Подгорный¹⁾, д.т.н.,
О. В. Сергейчук¹⁾, д.т.н.,
М. З. Диб¹⁾,
В. П. Шитюк¹⁾,
Е. В. Пугачев²⁾, д.т.н.,
В. А. Егорченков³⁾, к.т.н.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗМЕНЕНИЯ № 2 ДБН В.2.5-28-2006 «ЕСТЕСТВЕННОЕ И ИСКУССТВЕННОЕ ОСВЕЩЕНИЕ»

¹⁾ *Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина,*

²⁾ *Национальный университет водного хозяйства и природопользования, Украина,*

³⁾ *Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, Украина*

Обосновываются и анализируются предложенные изменения украинских строительных норм по естественному освещению с точки зрения использования методов прикладной геометрии.

Постановка проблемы. Определение оптимальной площади, формы и размещения светопроёмов, является очень важным вопросом при проектировании энергоэффективных зданий, поскольку они 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 светопроёмы большой площади. Согласование этих противоречивых требований должны осуществлять нормы по освещению помещений. В Украине – это ДБН В.2.5-28-2006 [1]. Однако практика их применения показала, что они имеют ряд существенных недостатков, которые перешли из норм СССР [2] и действующих в некоторых странах СНГ межгосударственных строительных норм по естественному освещению [3]. В 2008 г. было принято Изменение № 1 этих норм [4], которое касалось лишь уточнения нормативных показателей освещённости основных помещений общественных, жилых и вспомогательных зданий. Это изменение не исправило ситуацию, а, наоборот, только усугубило её, так как принятые завышенные значения нормативных коэффициентов естественного освещения (КЕО) для ряда помещений не могли быть на практике достигнуты.

В связи с указанными обстоятельствами, в Минрегионе Украины было принято решение о разработке Изменения № 2 ДБН В.2.5-28 [5], которое вступило в действие с 1 сентября 2012 г. При работе над изменением возникла необходимость совершенствования геометрических основ расчёта и нормирования КЕО

Анализ основных исследований. В специальной литературе достаточно широко обсуждаются проблемы, связанные с проектированием, расчётом и нормированием естественного освещения. обстоятельный анализ развития архитектурной светологии в Украине и формулировка основных направлений последующих исследований в этой области сделаны в [6]. Этому вопросу

посвящены также и другие работы, среди которых отметим [7-9]. Авторы этих работ едины в том, что нормы нуждаются в изменениях. Это касается как нормирования естественного освещения, так и методов его расчёта.

Постановка задачи. Обоснование необходимости и основные направления изменений ДБН В.2.5-28 были сформулированы в [10]. Однако при работе над окончательной редакцией Изменений № 2 эти направления были существенно уточнены и переработаны. Целью статьи является анализ геометрических задач, возникших в процессе работы.

Основная часть. Как известно, при нормировании КЕО влияние яркости неба, которая зависит от географической широты и ориентации окна, учитывается коэффициентом светового климата m_N [1]:

$$e_N = e_n \cdot m_N, \quad (1)$$

где e_N – нормативное значение КЕО для рассматриваемого помещения при расчётных условиях, %; e_n – нормативное значения КЕО для рассматриваемого типа помещения при стандартных условиях, %;

Этот коэффициент меньше для Одесской обл. и Крыма и больше для всей остальной территории Украины (влияние широты); меньше для южного окна и больше для северного (влияние ориентации). Влияние же разной яркости неба по вертикали учитывается в дальнейших расчётах коэффициентом q . Поэтому, для светопроема, ориентированного на зенит, m_N нужно принимать как значение среднего m_N для вертикальных плоскостей (так это и было сделано в [2]). В [1] значения m_N для зенитных фонарей приняты неправильно – они очень занижены, что приводит сейчас к переоценке их световой активности и, как следствие, необоснованному уменьшению площади зенитных фонарей в проектах (более чем на 10%).

Кроме того, учитывая что в идеале должно выполняться условие

$$e_p = e_N, \quad (2)$$

где e_p – расчётное значение КЕО от запроектированной системы светопроемов, %, проектировщики автоматически принимают яркость неба для окна в качестве расчётной яркости для всех объектов, которые видны через это окно из помещения. Но, ведь, здание, которое затеняет окно, имеет другую, часто противоположную ориентацию и для него нужно брать другое значение m_N .

Поэтому было решено перенести учёт влияния географической широты и ориентации из нормирования КЕО в его расчёт, сделав замену

$$m = \frac{1}{m_N} \quad (3)$$

и принимая соответствующие значения m отдельно для окна и фасада противоположного здания. Это упрощает и делает более логичным нормирование – есть табличные значения e_n , которые зависят от характера зрительной работы в помещениях (физиологические требования) и должны быть обеспечены в любых климатических условиях. А задача проектировщика – запроектировать так помещение, что бы эти условия выполнялись в конкретном светоклиматическом районе и при конкретной ориентации светопроемов.

В этом случае формулы для расчета КЕО принимают вид
 а) при боковом освещении:

$$e_p^{\delta} = \left(\sum_{i=1}^I \varepsilon_{нб_i} q_i m + \sum_{j=1}^J \varepsilon_{зд_j} R_j m_j \right) r_1 \frac{\tau_0}{K_3}; \quad (4)$$

б) при верхнем освещении:

$$\begin{cases} e_p^B = \left[\varepsilon_B + \varepsilon_{cp} (r_2 K_{\phi} - 1) \right] \frac{\tau_0}{K_3}; \\ \varepsilon_B = \sum_{i=1}^I \varepsilon_{нб_i} q_i m + \sum_{j=1}^J \varepsilon_{зд_j} R_j m_j; \\ \varepsilon_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^N \varepsilon_{B_i}}{N}; \end{cases} \quad (5)$$

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

В отличие от методики [1], формула (5) позволяет учитывать затенение окружающими зданиями при светопроёмах верхнего света.

Одним из наиболее существенных недостатков [1] являлось необоснованное разделение территории Украины только на 2 светоклиматических района: один район включал Одесскую область и Крым, другой – всю остальную территорию Украины. Предложенное нами ранее светоклиматическое районирование территории Украины [11] было проведено на основе, имеющихся на то время климатических данных. С введением в действие [12] это районирование необходимо было уточнить.

В основу районирования было положено допущение о световом эквиваленте между значениями энергетической и световой освещенности, что практически всегда делается при светоклиматическом районировании в виду отсутствия измерений освещенности на метеорологических станциях и пунктах. Это позволило воспользоваться данными табл. 8 [12], в которой приводятся значения энергетической освещенности вертикальных и

горизонтальной плоскостей при реальных условиях облачности в областных центрах Украины.

Светоклиматические районы определялись в зависимости от значений суммарной освещенности горизонтальной плоскости. Это позволило учесть влияние географической широты и облачности. Приняв значение коэффициента светового климата в Симферополе и Одессе $m_N = 1$, были получены значения m_N в других городах по формуле

$$m_{Ni} = \frac{E_O}{E_i}, \quad (6)$$

где E_O – суммарная энергетическая освещенность горизонтальной плоскости в Симферополе и Одессе ($E_O = 4472$ МДж/м²); E_i – суммарная энергетическая освещенность горизонтальной плоскости в i -м городе.

Интерполяцией построена над территорией Украины поверхность значений m_N и получены границы четырех светоклиматических районов (рис. 1). Границы районов проходят по изолиниям $m = 1.08, 1.16, 1.24$ (Эти значения делят на равные части отрезок между максимальным и минимальным m_N). Для удобства проектирования и контролирующих органов, в окончательном варианте, границы светоклиматических районов совмещены с административными границами областей Украины. При этом принято, что область относится к тому району, в котором находится большая ее площадь (рис. 2).

При определении влияния ориентации светопроемов использовались уже значения энергетической освещенности вертикальных плоскостей только рассеянным светом, так как при расчете КЕО не учитывается прямой солнечный свет.

По требованию гигиенистов, было принято в качестве исходного значение коэффициента светового климата для окна южной ориентации в IV районе $m_{N_{юг,IV}} = 0,75$. Значения $m_{N_{юг,i}}$ для окон в вертикальных стенах южной ориентации в других районах получены по формуле

$$m_{N_{юг,i}} = m_{N_{юг,IV}} \cdot \frac{m_i}{m_{IV}}, \quad (7)$$

где i – номер района;

При этом значения $m_{N_{j,i}}$ для светопроемов в разных районах получены по формуле

$$m_{N_{j,i}} = m_{N_{юг,i}} \cdot \frac{E_{юг,i}}{E_{j,i}}, \quad (8)$$

где j – ориентация окна.

E – суммарная энергетическая освещенность соответствующей плоскости

Для зенитных фонарей значение $m_{N_{3,i}}$ являются средними значениями $m_{N_{j,i}}$ в соответствующих районах.

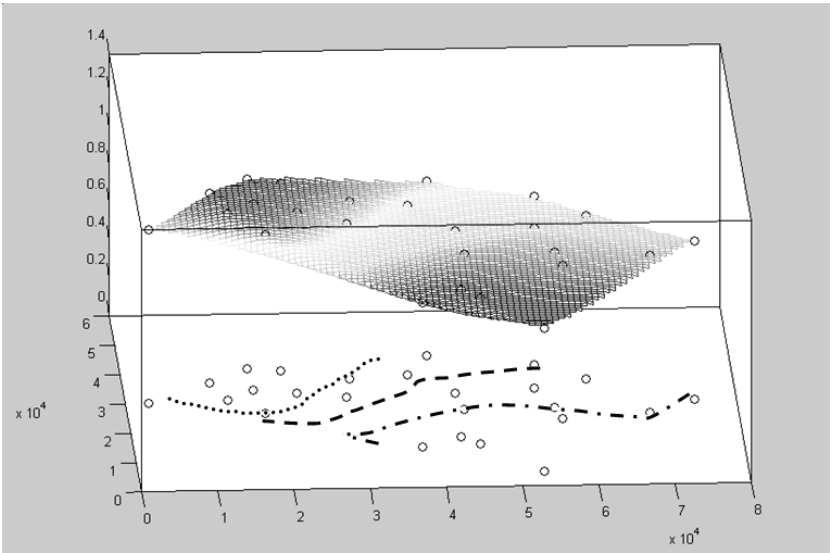


Рис. 1 . Поверхность m_N

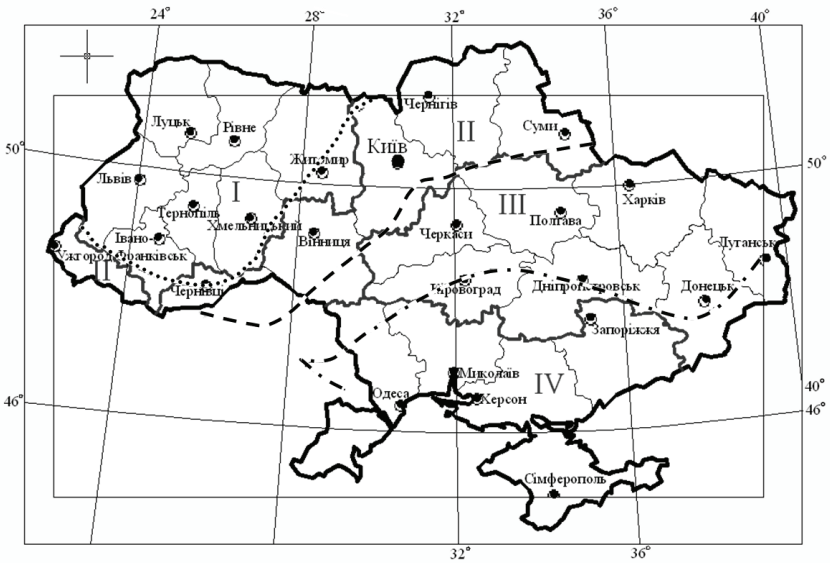


Рис. 2. Совмещение границ районов из рис. 1 с картой Украины

$$m_{N_I} = 1.29, m_{N_{II}} = 1.20, m_{N_{III}} = 1.11, m_{N_{IV}} = 1.02$$

Значение коэффициента светового климата t при переносе его из нормирования в расчет получено по формуле (3) и представлено в табл. 1.

Таблица. 1.

Значение t

Світло-кліматичний район (рис. 2)	Значення коефіцієнту світлового клімату t для світлопрорізів								
	вертикальних								орієнтованих на захід
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	
I	0,95	0,98	1,02	1,04	1,05	1,04	1,02	0,98	1,01
II	1,00	1,04	1,09	1,11	1,12	1,12	1,10	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	1,30	1,22	1,27

Ещё одним существенным недостатком нормативной методики расчёта КЕО был некорректный учёт относительной яркости противоположного здания, дающий приемлемое решение только для противоположного здания расположенного параллельно фасаду рассчитываемого здания.

В основу разработанной в Изменении № 2 методики расчёта относительной яркости противоположного здания был положен метод, предложенный в [13] и адаптированный для использования привычного для проектантов инструментария. Считается, что противоположное здание освещается только светом неба (без учёта света, отраженного от земной поверхности и фасадов соседних зданий). Тогда, в случае, когда есть только 2 здания – в котором рассчитывается освещенность и противоположное, значение относительной освещенности E_{ϕ} участка фасада противоположного здания, видимого из расчётной точки (РТ) будет

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

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

$$R = \frac{E_{\phi} \rho_{\phi}}{\pi}, \quad (10)$$

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

После подстановки (9) в (10) и упрощения формула (10) принимает вид

$$R = (0,396 - 0,01 \varepsilon_{\text{пр}} q) \rho_{\phi}. \quad (11)$$

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

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 0,01 n_1'' n_2'' \quad (12)$$

при помощи графиков Данилюка, как показано на рис. 3.

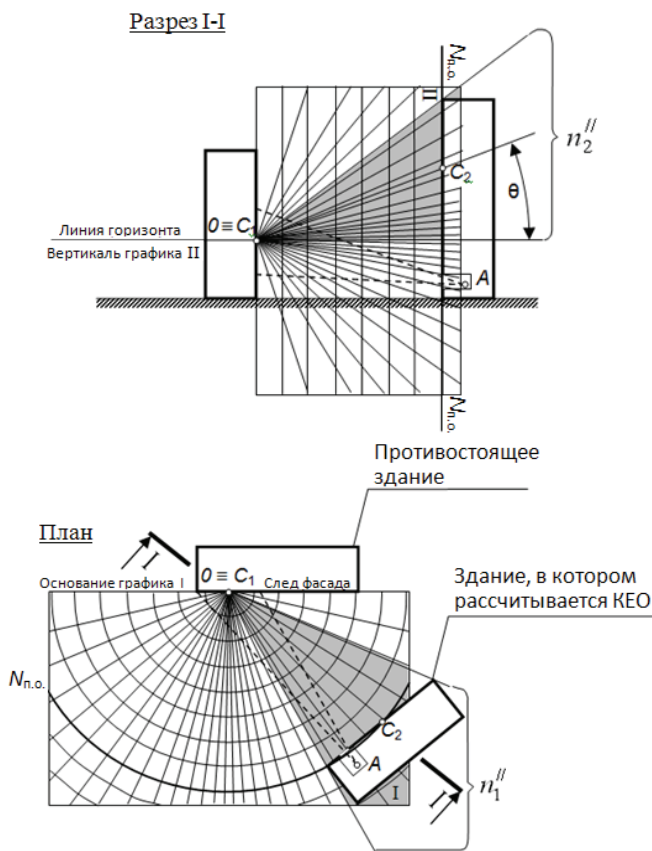


Рис. 3. Определение количества лучей n_1'' и n_2'' для расчёта относительной яркости противостоящего здания

Для случая, когда фасад противостоящего дома затеняется не только зданием, в котором рассчитывается освещённость, но и другими домами, коэффициент R следует определять по формуле

$$R = \left(0,396 - 0,01 \sum_{k=1}^K e_{\text{пр}k} q_k \right) c_{\text{ф}}, \quad (13)$$

где K – количество зданий, затеняющих фасад противостоящего здания.

Кроме рассмотренных вопросов, Изменения № 2 содержат другие важные положения, среди которых отметим следующие:

- уточнено нормирование КЕО в помещениях, имеющих несколько светопроёмов разной ориентации;
- уточнено нормирование КПО при наклонных светопроёмах;

- усовершенствован расчёт коэффициента светопропускания светопроёмов;
- увязаны вопросы нормирования и расчета естественного освещения с инсоляцией и солнцезащитой помещений;
- узаконены возможности применения для естественного освещения специальных отражающих систем и полых световодов.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Введение в действие Изменения № 2 ДБН В.2.5-28-2006, частично исправляет принятую методику нормирования и расчета естественного освещения, но не кардинально решает проблему оптимального проектирования светопроёмов 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 [6,7]. Изменение критериев нормирования естественного освещения нуждается в определении их необходимых значений и полной замены нормативной методики расчета. Это требует дальнейших исследований, в том числе и геометрического плана.

Литература

1. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. [Чинні з 2006-10-01] / Держбуд України. – К. : Укрархбудінформ, 2006. – 76 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Естественное и искусственное освещение : СНиП П-4-79. [Утверждены постановлением Госстроя СССР от 27 июня 1979 г. № 100] / Госстрой СССР. – М. : Стройиздат, 1980. – 48 с. – (Строительные нормы и правила СССР).
3. Естественное и искусственное освещение : МСН 2.04-05-95. [Приняты МНТКС 19 апреля 1995 г.] / Минстрой России. — М. : МНТКС, 1995. – 98 с. – (Межгосударственные строительные нормы).
4. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. Зміна № 1 [Чинні з 2008-10-01] / Мінрегіонбуд України. — К. : Укрархбудінформ, 2008. – 12 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2006. Зміна № 2 [Чинні з 2012-09-01] / Мінрегіон України. – К. : Укрархбудінформ, 2012. – 32 с. – (Державні будівельні норми України).
6. Пугачов С. В. Розвиток архітектурної світлології в Україні / С. В. Пугачов // Вісник Нац. ун-ту водн. госп. – Рівне : НУВГ, 2007. – Вип. 4(40). – С. 319–325.
7. Сгорченков В.О. Нормування освітлення у виробничих спорудах / В. О. Сгорченков. // Будівництво України. – 1993.– № 1 – С. 40–41.
8. Сергейчук О. В. Деякі геометричні питання розрахунку природного освітлення приміщень за нормативною методикою / О. В. Сергейчук // Вісник національного університету “Львівська політехніка” – Львів : Львівська політехніка, 2004. – № 505. – С. 453–456.

9. *Бахарев Д. В.* О результатах теоретического анализа эмпирической методики расчета естественного освещения методами компьютерного моделирования / Д. В. Бахарев, И. А. Зимнович, М. А. Зимнович // Прикл. геометрия та інж. графіка : міжвід. наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2009. – Вип. 82. – С. 268–273.

10. *Сергейчук О. В.* Геометричні питання удосконалення нормативної методики розрахунку природного освітлення приміщень / О. В. Сергейчук // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за напрямом “інженерна механіка”) – вип. № 22. Сучасні проблеми геом. моделювання. – Частина 1. – Луцьк: ЛДТУ – 2008. – С. 308–313.

11. *Єгорченков В. О.* Світловий клімат України / В. О. Єгорченков. // Будівництво України. – 2005. – № 2 – С. 21–23.

12. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 [Чинний з 2011-11-01] / Мінрегіонбуд України. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 112 с. – (Державний стандарт України).

13. *Пугачов Є. В.* Метод наближеного розрахунку світла, відбитого фасадом в приміщення / Є. В. Пугачов // Прикл. геометрия та інж. графіка : міжвід. наук.-техн. зб. – К. : КНУБА, 2009. – Вип.82. – с. 42–46.

ГЕОМЕТРИЧНІ ОСНОВИ ЗМІНИ № 2
ДБН В.2.5-28-2006 «ПРИРОДНЕ І ШТУЧНЕ ОСВІТЛЕННЯ»
О. Л. Підгорний, О. В. Сергейчук, М. З. Діб, В. П. Шитюк,
Е. В. Пугачов, В. А. Єгорченков

Обґрунтовуються та аналізуються запропоновані зміни українських будівельних норм з природного освітлення з точки зору використання методів прикладної геометрії

GEOMETRIC BASICS OF CHANGES № 2 IN THE DBN V.2.5-28-2006
"NATURAL AND ARTIFICIAL LIGHTING"
A. L. Podgorny, O. V. Sergeychuk, M. Z. Dib, V. P. Shytuk,
E. V. Pugachev, V. A. Egorchenkov

This article justified and analyzed the proposed changes in the Ukrainian building regulations for natural light from the position of the use methods applied geometry