

Метод расчёта параметров светового климата по световой эффективности солнечного излучения

А.К. СОЛОВЬЁВ, Ф.Т.Х. НГУЕН

НИУ «МГСУ», Москва

E-mail: kafedraarxitektury@yandex.ru; phuongntk@nuce.edu.vn

Аннотация

Главный источник естественного света – Солнце. Земная атмосфера рассеивает его свет благодаря воздуху, водяному пару, частичкам льда (на большой высоте), пыли, различным газам и другим загрязнителям, поступающим в воздух в результате деятельности человека. Из-за этого образуется диффузная (рассеянная) составляющая естественного освещения – основа данных для расчёта естественного освещения в зданиях, которая имеет свои характерные особенности для данной местности.

В статье приведён расчёт световой эффективности солнечного излучения во Вьетнаме. В результате получен ход горизонтальной естественной освещённости в Ханое ($21,03^\circ$ с.ш.). Его сравнение с ходом горизонтальной естественной освещённости в Москве ($55,70^\circ$ с.ш.) показывает высокий уровень и равномерность распределения наружной освещённости во Вьетнаме. Максимальные уровни диффузной и суммарной освещённости в Ханое – 45,2 и 58,52 клк, а в Москве – 28,3 и 53,1 клк соответственно. При этом уровни освещения в зимние месяцы в Ханое значительно выше, чем в Москве, что объясняется широтной разницей расположения этих городов и соответствующим движением Солнца.

Ключевые слова: световой климат местности, тропический климат, диффузная горизонтальная освещённость, суммарная горизонтальная освещённость, световая эффективность солнечного излучения, статистика облачности.

Введение:

Горизонтальная освещённость – важный показатель ресурсов светового климата каждого региона. Во Вьетнаме стандарты расчётных методов проектирования естественного освещения в зданиях ещё не доработаны, и данная работа призвана способствовать созданию таких стандартов и разработке энергоэффективных систем естественного освещения. Кроме того, она позволяет расширить данные о дневном изменении уровней освещённости для всех месяцев года в тех городах России, которые не включены в Своды Правил по естественному освещению и в другую справочную литературу.

Для производства нормирования естественного и совмещённого освещения в помещениях и проектирования зданий и сооружений используется коэффициент естественной освещённости (КЕО) – отношение естественной освещённости, создаваемой в некоторой точке заданной плоскости внутри помещения светом неба (непосредственным или после отражений), к одновременному значению наружной горизонтальной освещённости, создаваемой светом полностью открытого небосвода. Следует отметить, что понятие КЕО имеет смысл только при пас-

мурном небе с распределением яркости по небосводу, нормируемым МКО. В этом случае КЕО не зависит от ориентации окна по отношению к солнцу и для данной точки помещения – величина постоянная.

Пасмурное небо не типично для тропиков. Суммарное и прямое солнечное освещение сильно влияют на выбор системы естественного освещения в помещениях. В зависимости от архитектурного решения ограждающих конструкций с использованием солнцезащитных устройств прямые солнечные лучи дают больше или меньше отражённого света в помещении. Для оценки энергоэффективности систем естественного освещения зданий в условиях тропиков необходимо вести изучение светового климата с учётом данных о суммарной и диффузной горизонтальных освещённостях.

На сегодня долгосрочные данные натурных измерений естественной освещённости во Вьетнаме отсутствуют. Данные о световом климате получены расчётно по световой эффективности (СЭ) солнечного излучения (СИ) по спутниковым данным об этом излучении. СЭ СИ в значительной степени зависит от текущей высоты Солнца. Прямая солнечная освещённость и СЭ прямого СИ зависят, в частности, от высоты Солнца. Суммарная (глобальная) и диффузная освещённости не имеют прямой зависимости от высоты Солнца. При этом СЭ СИ при диффузном освещении больше, чем при суммарном [1, 2].

В статьях [3, 4] представлены три метода расчёта СЭ СИ (в том числе прямой, суммарной и диффузной СЭ СИ), построенные на соответствующих математических моделях.

В рамках же данного исследования авторы выбрали модель для определения СЭ СИ, ранее разработанную во Вьетнаме [5]. При этом она использовалась ими для расчёта суточного хода диффузной и суммарной освещённостей.

Методика исследований и расчётов

Для расчёта СЭ диффузного СИ K_D и СЭ суммарного СИ K_Q (лм/Вт) были выбраны данные по погоде «ASHRAE IWEC2»¹. При преобразовании необработанной интегрированной почасовой базы данных по поверхности² в местное время программное обеспечение заполняет или уменьшает данные до почасовых временных шагов и вычисляет

¹ Временные файлы «ASHRAE IWEC2» разработаны для Американского общества инженеров по нагреванию, охлаждению и кондиционированию воздуха (ASHRAE) компанией *White Box Technologies, Inc.* и основаны на интегрированной почасовой базе данных по поверхности за 3012 местоположений за пределами США и Канады, которые имеют ≥ 12 лет (но ≤ 25 лет) записи. URL: <http://weather.whiteboxtechnologies.com/IWEC2>.

² *Integrated Surface Hourly Database*

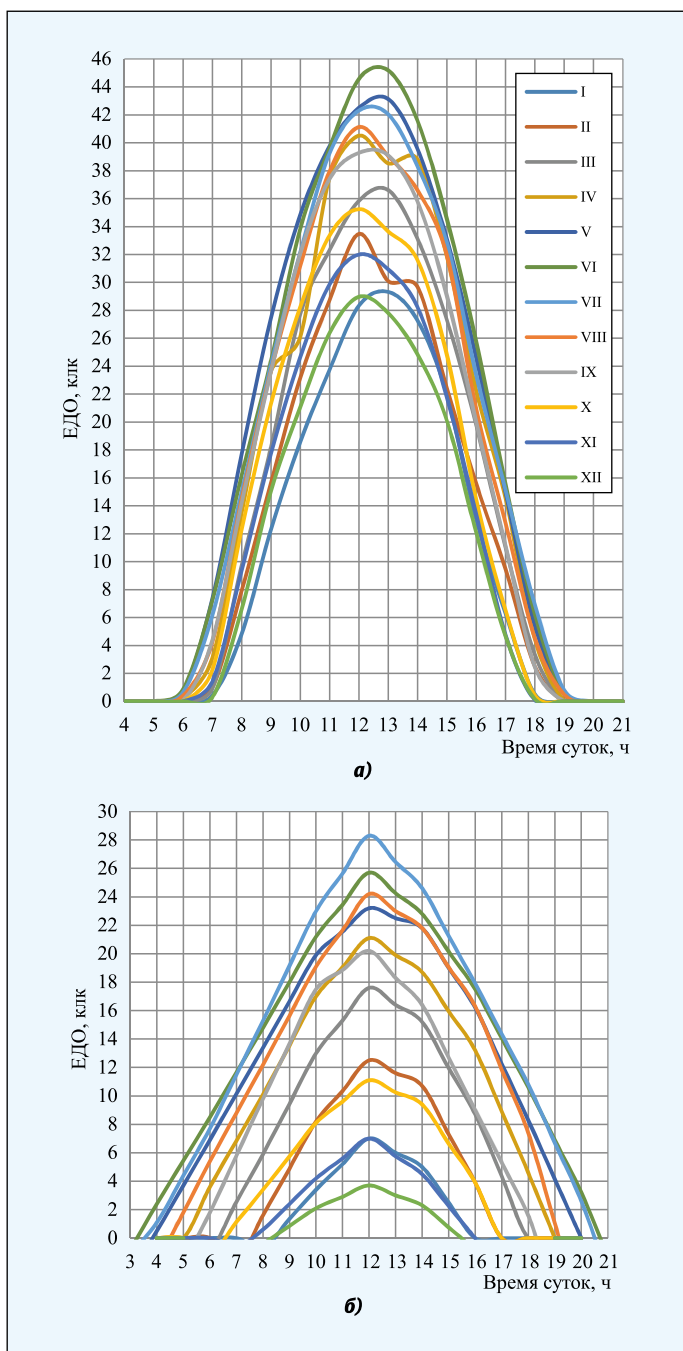


Рис. 1. Диаграммы хода естественной диффузной освещённости (ЕДО) в Ханое, 21,3° с.ш., (а), и Москве, 55,7° с.ш., (б)

уровень СИ. Данные о световом климате Ханоя накоплены за 12 лет, с 2005 до конца 2017 гг., и являются типичными. При этом выбор типичных месяцев основан не только на средних, но и на статистических распределениях по месяцам различных климатических параметров по записям долгосрочных многолетних наблюдений. Наиболее широко используемый метод выбора типичных месяцев разработан NREL³ для создания первых файлов типичного метеорологического года (ТМУ)⁴ в начале 1980-х (NCDC⁵,

1981). Для выбора ТМУ используется статистический метод Финкельштейна-Шафера (Finkelstein-Schafer), главным показателем в котором служит величина (статистика) FS , определяемая мерой общей разницы между распределением месяца-кандидата и долгосрочным распределением в одни и те же календарные месяцы за период записи. Статистика FS оценивается по разным климатическим параметрам, которым затем присваиваются весовые коэффициенты, после чего они суммируются. Месяц с наименьшим FS считается самым представительным, «типичным месяцем».

При этом:

- положение Солнца на небосводе рассчитывается по формулам

$$h_o = \arcsin \left\{ \begin{array}{l} \sin \delta \cdot \sin \varphi + \cos \delta \cdot \\ \cdot \cos \varphi \cdot \cos[15^\circ \cdot (12 - T)] \end{array} \right\}, \text{град.},$$

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[\frac{360}{365} (d - 81) \right] \text{ или}$$

$$\delta = 23,45 \cdot \sin \left[\frac{360}{365} (284 + d) \right], \text{град.},$$

где: d – порядковый номер дня года, считая от 1 января; h_o – высота солнца, град.; δ – склонение солнца в любой день года, град.; T – время, ч (например, 16 ч 15 мин = 16,25 ч); φ – географическая широта (южная – со знаком минус), град.;

- K_D и K_Q рассчитываются как

$$K_D = 0,1 \cdot h_o + 67, \text{ клк}/(\text{кал} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{мин}^{-1}),$$

$$K_Q = 0,1 \cdot h_o + 62, \text{ клк}/(\text{кал} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{мин}^{-1});$$

- диффузная и суммарная освещённости получаются умножением данных о диффузной солнечной радиации ($\text{кал} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{мин}^{-1}$) на K_D и данных о суммарной солнечной радиации ($\text{кал} \cdot \text{см}^2 \cdot \text{мин}^{-1}$) на K_Q .

- по этой модели, K_D и K_Q в Ханое составляют 70 и 65 клк/(кал·см²·мин⁻¹) или 101 и 93 лм/Вт соответственно.

Обоснование полученных результатов

Из результатов расчёта хода суточных диффузной и суммарной освещённости в Ханое и Москве (сравнение по световому климату [7]) видно, что (рис. 1 и 2):

- наружная диффузная освещённость в Ханое лишь немного колеблется между летними и зимними месяцами. Максимальный уровень диффузной освещённости зимнего периода равен 29 клк (в декабре), а летнего периода – 45 клк (в июне). Высокий уровень естественной горизонтальной освещённости в Ханое равномерно распределён в пределах почти каждого месяца. Время восхода – 5 ч 15 мин (в июне) и 6 ч 35 мин (в январе), а время захода – 18 ч 39 мин (в июне) и 17 ч 08 (в декабре);

- графики хода суточной диффузной освещённости в Москве показывают большую разницу её уровней в зимний и летний периоды и малую продолжительность есте-

³ National Renewable Energy Laboratory

⁴ Typical Meteorological Year

⁵ National Climatic Data Center

ственного освещения в зимний период (с 8 ч 23 мин до 15 ч 27 мин в декабре) при максимальном уровне диффузной освещённости 3,7 клк; причём самая большая продолжительность естественного освещения в летний период составляет 17 ч 30 мин (с 3 ч 15 мин до 2 ч 45 мин, в июне) при максимальном уровне диффузной освещённости 28,3 клк.

Определение ресурсов естественного освещения очень важно для определения стратегии проектирования зданий с точки зрения повышения энергоэффективности систем естественного освещения. Высокий уровень естественного освещения в Ханое с равномерным распределением его по месяцам позволяет использовать естественное освещение в этом городе круглый год. Тропический климат с большой солнечной радиацией даёт большую тепловую нагрузку на ограждающие конструкции. Поэтому использование систем естественного освещения с солнцезащитными устройствами (СЗУ) должно широко применяться для снижения нагрева помещений в летний период. При этом СЗУ ослабляют естественную освещённость в помещениях за счёт снижения прямого освещения от небосводом.

В то же время СЗУ в той или иной мере играют роль отражающих панелей, повышают уровень отражённого света в помещениях (при попадании прямого солнечного света на эти отражающие панели). В работе, выполненной в МГСУ, получены результаты натурного определения КЕО в конкретном помещении здания после установки козырьковых СЗУ которые показывают: при ясном небосводе с частичной облачностью до 2 баллов среднее значение КЕО в помещении с боковыми светопроемами равно 3,87 %, что выше среднего значения КЕО при пасмурном небосводе – 2,89 %. Это говорит о том, что при прямом солнечном освещении в тропических широтах системы естественного освещения с СЗУ более эффективны. Для оценки энергоэффективности таких систем следует проводить исследование прямого солнечного освещения фасадов при их разной ориентации и анализ влияния разных типов СЗУ в системах естественного освещения зданий.

Из рис. 1 и 2 видно, что не только в Ханое, но и в Москве учёт суммарного естественного освещения помещений при наличии СЗУ и других устройств, исключающих попадание прямого излучения Солнца в помещения, мог бы значительно повысить энергоэффективность систем естественного освещения зданий без нарушения комфортности их внутренней среды.

Заключение

Изучение и анализ данных о погоде последних лет позволяют оценивать световой климат местности и получать материалы для дальнейших исследований естественному освещению в строительстве. При анализе результатов обзора по естественной горизонтальной освещённости в Ханое и Москве получены данные по ресурсам светового климата. Они показывают равномерность распределения освещённости в Ханое по месяцам и его неравномерность в Москве. При этом даже в световом климате Москвы учёт суммарной естественной освещённости при наличии СЗУ позволяет правильно оценивать энергоэффективность систем естественного освещения, которая фактически заметно выше рассчитываемой с до-

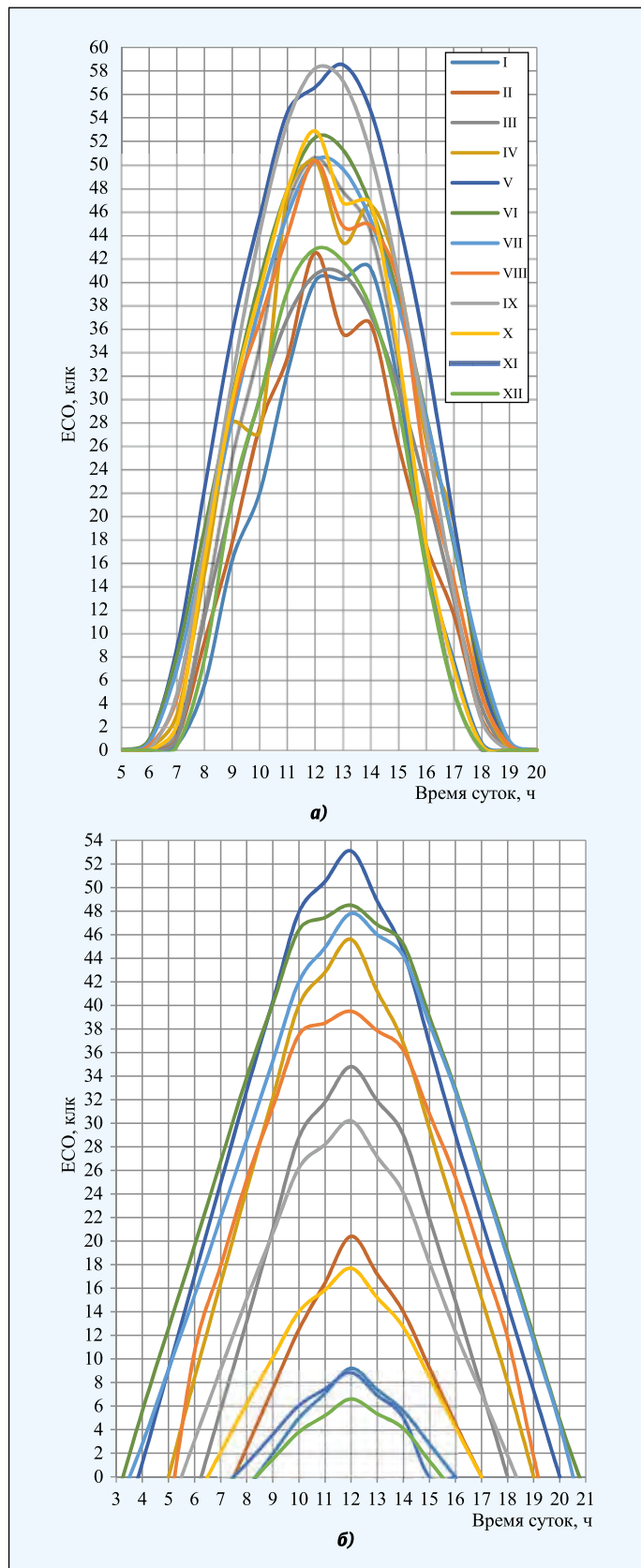


Рис. 2. Диаграммы хода естественной суммарной освещённости (ECO) в Ханое, 21,3° с.ш., (а), и Москве, 55,7° с.ш., (б)

пущением о пасмурном небосводе МКО. Это позволяет считать естественное освещение зданий перспективным направлением повышения энергоэффективности зданий, особенно в тропических условиях Вьетнама, где следует

широко использовать разные типы СЗУ. Это позволит не только снизить расход электроэнергии на освещение, но и значительно, снизив тепловую нагрузку в помещениях, на кондиционирование воздуха.

Представленная методика позволяет: рассчитывать изменения диффузной и суммарной освещённости во всех городах Вьетнама и России; уточнять светоклиматические коэффициенты и переходить к территориальным нормам естественного освещения на современном уровне. Для определения погрешности результатов расчётов будут проведены специальные натурные измерения естественной горизонтальной освещённости на местах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kittler R., Kocifaj M., Darula S. Daylight Science and Daylight Technology. – New York: Springer, 2012.
2. Navvab M., Karayel M., Ne'eman E., Selkowitz S. Analysis of luminous efficacy for daylight calculations / Proc. Int. daylighting conf., 4–7.11.1986, Long Beach, California, USA. – ASHRAE Publications Sales.
3. Fabian M., Uetani Y., Darula S. Monthly luminous efficacy models and illuminance prediction using ground measured and satellite data // Solar Energy. – 2018. – Vol. 162. – P. 95–108.
4. Perez R., Ineichen P., Seals R., Michalsky J., Stewart R. Modelling daylight availability and irradiance components from direct and global irradiance // Solar Energy. – 1990. – Vol. 44, No. 5. – P. 271–289.
5. Зан Н.Ш., Муон Н.В., Данг Ф.Н., Нгуен Ф.Д. Световой климатический справочник местности во Вьетнаме. – Ханой: Научно-техническое издательство, 1991 (на вьетн. яз.).
6. Huang J. ASHRAE Research Project RP-1477 «Development of 3,012 typical year weather files for international locations». – Morgan, California (USA): White Box Technologies, October 19, 2011.
7. Соловьёв А.К. Физика среды. – М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2008.
8. Данг Ф.Н. Строительная физика. 1 – Тепло и климатические факторы. – Ханой: Наука и техника, 1981 (на вьетн. яз.).
9. Сало Мохамед Али Повышение эффективности систем естественного освещения в производственных зданиях Сирии: На примере предприятий пищевой промышленности / Автореф. дис. ... к-та техн. наук. – М.: МГСУ, 2005.



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



Нгуен Тхи Хань Фьюнг, архитектор. В 2008 г. окончила Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ) и в 2017 г. – аспирантуру кафедры «Проектирование зданий и сооружений» НИУ «МГСУ»

Компания Signify расширяет экосистему «Hue» с новыми партнёрами-производителями светильников и систем управления

Когда-то пространство «Hue» состояло из одного устройства с СД-лампой со встроенным беспроводным средством ZigBee-связи и небольшим набором программных средств для управления лампами. Сегодня компания Signify (в прошлом Philips Lighting) имеет обширную экосистему, поддерживающую связанную с ней СД-платформу. Недавно Signify объявила о шести новых партнёрах «Hue», которые охватывают рынок от переключателей и устройств управления до светильников.

Конечно, Signify расширяет и свой собственный портфель совместимой с «Hue» продукции. Всего несколько дней назад эта компания добавила в него серию впечатляющих светильников с СД с меняющейся цветностью излучения, предназначенных для использования в разных точках дома. Эти изделия предназначены для оживления обстановки интерактивным освещением или оптимизации среды в нескольких комнатах типичного дома.



И всё же именно экосистема может оказаться наиболее важной для Signify и других компаний, помогающих ей сформировать портфель «Hue». Компания Philips Lighting ещё в 2013 г. запустила так называемую программу «Друзья «Hue»» (Friends of «Hue»). Первоначально это название объединяло изделия, которые работали с исходной лампой «Hue» с использованием ZigBee, причём первые подобные изделия были разработаны самой компанией Philips. В 2015 г. производить совместимые с «Hue» светильники с СД начали и другие светотехнические компании.

Последние пополнения «Друзей «Hue»» – два производителя управляющих устройств и четыре производителя светильников. Компании Busch-Jaeger (Германия) и Illumra (США) будут поставлять беспроводные настенные выключатели, позволяющие пользователям включать/выключать свет, регулировать уровень освещения и выбирать предустановленные варианты. Выключатели будут иметь разные цвета и стили и использовать технологию аккумуляции энергии «EnOcean», позволяющую отказаться от использования батареек.

Что касается светильников, то к «Друзьям «Hue»» присоединились компании Kichler (США), Makris by Imoon (Италия), Koizum (Япония) и John Lewi (Великобритания).

Конечно, остаётся неясным вопрос, насколько обширным будет соответствующий сегмент осветительной техники. Этот вопрос был изучен компанией Strategies Unlimited, директор по науке которой Филип Смоллвуд отметил, что, если говорить о светильниках, то, по его мнению, в 2022 г. доход от их продаж составит \$4 млрд. Может быть это и довольно большая цифра, но она составляет лишь малую часть от предполагаемого \$70-миллиардного рынка светильников. Гораздо подробнее это описано в отчёте компании Strategies Unlimited «Global luminaires – Market analysis and forecast».

ledsmagazine.com/
30.08.2018