

О естественном освещении в школах в учебное время¹

С. ДАРУЛА¹, М. ФЕРЕНЧИКОВА²

¹ Строительно-архитектурный институт Словацкой академии наук, Братислава, Словакия

² Творческая студия *M & P creative studio s.r.o.*, Мартин, Словакия

E-mail: usarsdar@savba.sk

Аннотация

В настоящее время очень большое внимание уделяется качеству окружающей среды и, в частности, обеспечению оптимального уровня естественного освещения в зданиях. Естественное освещение непрерывно изменяется не только в течение дня от восхода до заката, но и на протяжении всего года. Динамику изменения естественного освещения вне зданий отражают результаты систематических измерений освещённости, осуществляемых на станциях *IDMP* МКО. Для проектирования и моделирования естественного освещения в зданиях требуется знание типичных внешних условий освещения. Новый метод оценки естественного освещения внутри зданий, который был предложен рабочей группой «Естественное освещение» технического комитета 169 Европейского комитета по стандартизации (*CEN TC169 / WG11 Daylight*), основан на вероятности реализации наружной освещённости в конкретном месте, отражающей медианные значения такого климатического параметра, как диффузная наружная освещённость. В статье приведены результаты опробования этого нового климатического параметра и предложено использовать его в других статистических исследованиях. Предложенные новые критерии проиллюстрированы на примере исследования данных о естественном освещении в школах, которые были получены на основе статистической обработки результатов проведённых в Братиславе шестилетних поминутных измерений освещённости.

Ключевые слова: естественное освещение, диффузная освещённость, медианный, школьные здания.

1. Введение

Естественное освещение оказывает неоспоримое влияние на человека, не имеющее никакой адекватной альтернативы. Его типичные характеристики — динамичность, случайные качественные и количественные изменения на протяжении дня — способствуют повышению внимательности и не могут быть в точности воспроизведены искусственным освещением, которое вследствие своей неизменности приводит к уменьшению бодрости, появлению утомляемости и сонливости и ухудшению работоспособности [1]. Поэтому нельзя недооценивать значимость естественного освещения зданий, и важно создать такие уровень и качество естественного освещения, которые требуются для обеспечения здорового образа жизни и безопасности людей. В настоящее время проектирование и нормирование естественного освещения зданий осуществляются в соответствии с техническими стандартами нескольких стран. Например, в Словакии, Чешской

республике, Германии, Великобритании, Китае и России действуют стандарты на проектирование и нормы, которые основаны на рекомендациях МКО [2]. Для простоты в них используется модель однородного пасмурного неба, яркость которого изменяется от горизонта до зенита, как 1:3. Эта модель обеспечивает возможность определения освещённости при наихудших условиях наружного освещения, но не позволяет оценить приемлемость годового естественного освещения зданий, так как не учитывает изменения наружной освещённости. Оптимальный зрительный комфорт в помещениях с постоянным пребыванием людей должен обеспечиваться с учётом изменений условий наружного освещения, которые реализуются на протяжении года, то есть от пасмурного неба с низким уровнем наружной освещённости и, через облачное небо с различной степенью облачности, до ясного неба и прямого солнечного света [3–7].

Новый метод оценки внутреннего естественного освещения основан на статистических вероятностях реализации наружной освещённости, полученных применительно к разным местам. Установившееся медианное значение такого статистического климатического параметра, как диффузная наружная освещённость [8], может быть получено на основе как спутниковых данных, так и результатов регулярных наземных измерений. В работе предложен статистический метод оценки диффузной наружной освещённости применительно к обеспечению эффективного использования естественного освещения в школах, в основу которого были положены результаты анализа смоделированных значений диффузной наружной освещённости во время работы школ (далее — учебное время).

2. Методика

Естественное освещение поверхности земли зависит от нескольких факторов: высоты солнца, типа и плотности облачности и мутности атмосферы. Наружная освещённость, и полная, и диффузная, и прямая, изо дня в день непрерывно изменяется. В [9] отмечалось, что в результатах измерений, проведённых в 1994–2006 гг., один и тот же порядок дневного изменения диффузной ($E_{v,d}$) и полной ($E_{v,g}$) освещённости не встречается, и что каждый день был неповторимым. Естественное освещение зданий до настоящего времени оценивалось с использованием коэффициента естественной освещённости D , основанного на модели однородного полностью открытого пасмурного неба МКО, которая не включает в себя влияние прямого солнечного света. Однако важно отметить, что естественное освещение следует оценивать на основе поминутных данных, так как человеческий глаз способен воспринимать уровни естественного освещения в момент их реализации, а не как средние или накопленные значения. За исключением минимальных уровней освещённости

¹ Перевод с англ. Е.И. Розовского

сти, знание которых требуется при архитектурном проектировании и оценке естественного внутреннего освещения, необходимо учитывать качественные характеристики естественного освещения и его динамические изменения.

Результаты экспериментальных исследований, посвящённых количественному описанию изменений наружной освещённости, приводятся в научных публикациях уже давно (например, [10–16]). В них можно найти как методы определения наружной освещённости применительно к проектированию естественного освещения, так и методы моделирования дневной последовательности её изменения. В [17–18] были проанализированы дневные изменения $E_{v,d}$ и $E_{v,g}$ во все месяцы года. Сравнение разных дней подтвердило очень высокую изменчивость естественного освещения в части уровней освещённости и времени их реализации. Так что для того, чтобы с высокой точностью проектировать и оценивать естественное освещение зданий, необходимо знать реальный световой климат в рассматриваемой местности. В [19, 20] было также показано, что только совокупность всеобъемлющих измерений и обработки их результатов позволит получить информацию о естественном световом климате. Первое комплексное описание годовых изменений диффузной наружной освещённости в Братиславе было опубликовано в [21]. Полученные статистическими методами данные о годовых изменениях естественного освещения были приведены и в [17, 22].

Динамические изменения естественного освещения могут быть описаны посредством моделирования характерных изменений наружной освещённости, содержащихся в результатах проведённых в горизонтальной плоскости измерений, и анализа результатов всеобъемлющих многолетних измерений и их статистической обработки.

Для моделирования вероятности реализации той или иной диффузной наружной освещённости необходимы следующие данные:

- время и дата;
- результаты долгосрочных поминутных измерений диффузной горизонтальной наружной освещённости;
- результаты долгосрочных поминутных измерений полной горизонтальной наружной освещённости.

Проект европейского стандарта «Естественное освещение зданий» [8, 23] вводит статистический климатический параметр – медианное значение диффузной наружной освещённости $E_{v,d,med}$. Другим важным для описания естественного освещения зданий параметром является время использования этого освещения, которое зависит от графика работы рассматриваемого помещения. График работы здания (или стандартное время работы) определяется категорией здания применительно к его использованию и определяется дневным расписанием работы, то есть началом и окончанием рабочего дня в течение недели (понедельник – воскресенье), а также графиком использования здания на протяжении года (январь – декабрь).

В Словацкой Республике стандартное время работы применительно к освещению зданий нормировано в директиве [24]. Разную стандартную дневную продолжительность работы имеют, например, школы (продолжительность работы 7,5 ч в день), офисные здания (9,5 ч) или больницы (14 ч.). Недельное время работы здания также зависит от типа здания: например, офисные здания работают 5 дней в неделю, тогда как гостиницы и больницы –

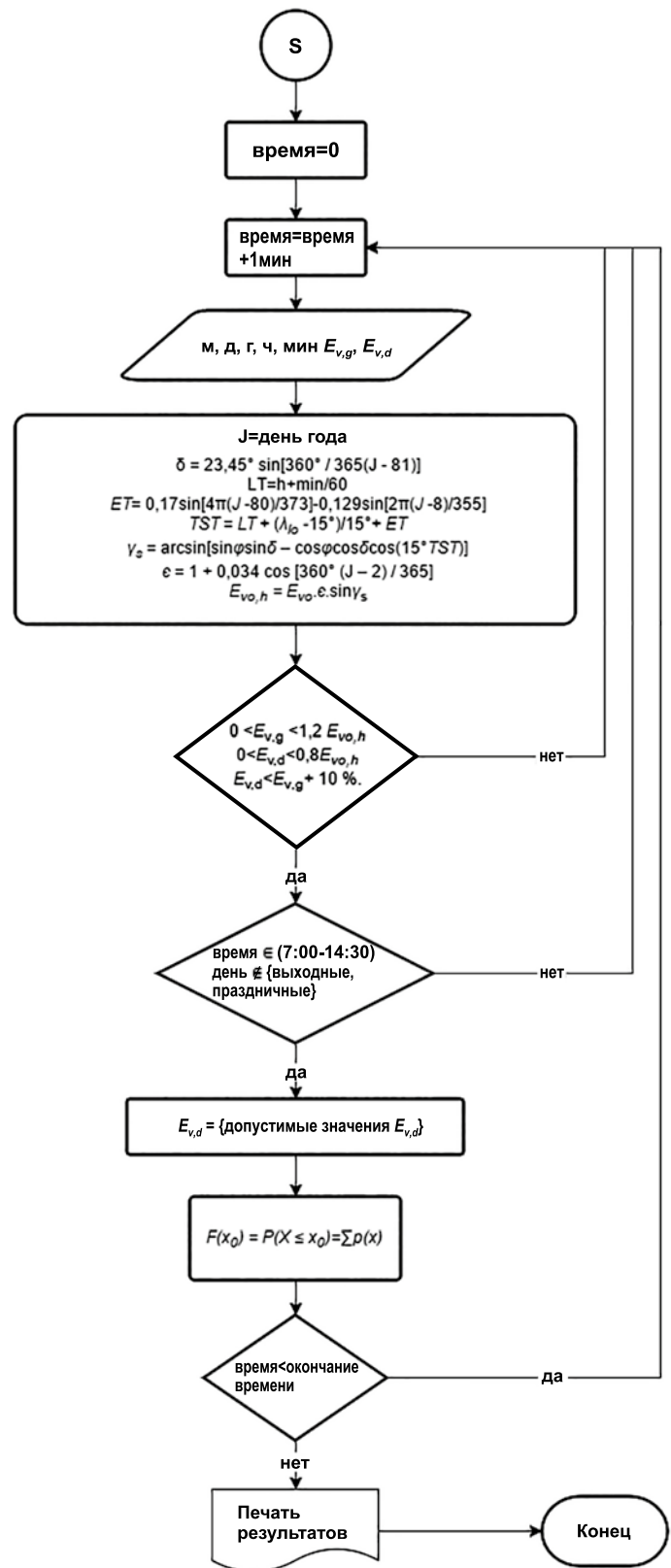


Рис. 1. Блок-схема моделирования вероятности реализации годовой диффузной освещённости $E_{v,d}$ в учебное время. Обозначения: m – номер месяца; d – день месяца; y – год; h – ч; min – мин; LT – местное время, ч; ET – уравнение времени, ч; TST – истинное солнечное время, ч; λ_{lo} – географическая широта места расположения объекта, град.; δ – угол склонения солнца, град.; ϵ – эксцентриситет

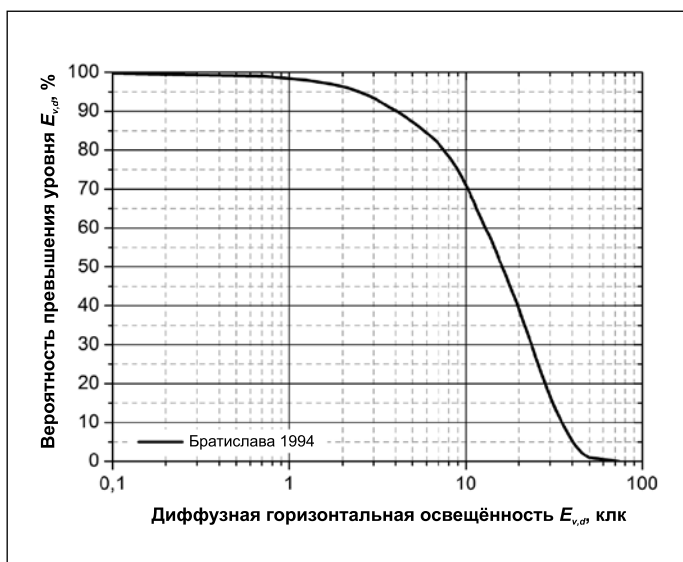


Рис. 2. Вероятность реализации значений освещенности, превышающих $E_{v,d}$, в учебное время в 1994 г. в Братиславе

7 дней в неделю. Кроме того, здания по-разному эксплуатируются в течение года: например, школьные здания используются только во время учебного года (то есть 10 месяцев, если не учитывать неканикулярные праздничные дни), тогда как больницы в течение года работают непрерывно. Для по возможности точного моделирования диффузной горизонтальной наружной освещенности важно задать промежутки времени, соответствующие стандартному дневному времени работы зданий разных типов, и воспользоваться результатами долгосрочных измерений горизонтальной освещенности.

Моделирование вероятности реализации разных уровней диффузной горизонтальной освещенности в Братиславе было основано на значениях полной горизонтальной освещенности $E_{v,g}$ и диффузной горизонтальной освещенности $E_{v,d}$, которые систематически измерялись на протяжении шести лет, с 4 января 1994 г. по 31 декабря 1999 г. Эти данные было решено использовать для исследования естественного освещения, не претендуя при этом на описание климатических изменений. Перед использованием зарегистрированные данные были подвергнуты контролю качества в соответствии с [25]. Вероятность того, что значение $E_{v,d}$ превысит определённый уровень, рассчитывалась по формуле:

$$P(E_{v,d} < k^\alpha) \text{ для интервала } (t_1, t_2), \quad (1)$$

где k^α — процентиль², соответствующий заданному значению диффузной горизонтальной освещенности, лк, t_1 — время начала учебного дня в школе, t_2 — время окончания учебного дня в школе³.

² В русскоязычной литературе этот параметр называют также «перцентиль», что хуже отражает его смысл. Кроме того, если провести аналогию с английским языком, в котором это понятие появилось впервые, то: *percent* → *percentile*, процент → перцентиль. — Прим. пер.

³ Из текста статьи следует, что под n -м перцентилем авторы понимают такое значение, выше (а не ниже, как это обычно принято) которого расположено n процентов наблюдений рассматриваемой переменной. Следовательно, авторы считают, что 40-й перцентиль — это значение, выше (а не ниже) которого расположено 40 % результатов наблюдений. В результате 40-й перцентиль оказывается больше, чем 80-й, тогда как обычно 80-й перцентиль больше 40-го. Соответственно, в тексте статьи 40-й перцентиль следует понимать как 60-й, 60-й — как 40-й, 70-й — как 30-й, 80-й — как 20-й и 90-й — как 10-й. — Прим. пер.

На рис. 1 приведена блок-схема моделирования типичного годового наличия диффузной наружной освещенности применительно к школьным зданиям. Графическое представление результатов в виде функций распределения гораздо нагляднее таблиц с многочисленными цифрами, в связи с чем именно оно было использовано на рис. 2. График на рис. 2 демонстрирует выраженную в процентах вероятность реализации разных уровней горизонтальной наружной освещенности для всех вариантов освещения, охватывающих облачные, ясные, пасмурные и динамические условия и отражающих световой климат в Братиславе в 1994 г. применительно к учебному времени. Приведенная кривая позволяет определить как медианное значение $E_{v,d}$, так и значения диффузной горизонтальной освещенности, соответствующие другим статистическим параметрам — квантилям и процентилям диффузной горизонтальной освещенности.

При обработке имеющихся данных учитывалась $E_{v,d}$ в стандартное время работы школьных зданий в период с понедельника по пятницу за исключением национальных праздничных дней и зимних и летних каникул. Случайные дни освобождения от занятий в исследовании не учитывались из-за затрудненности их идентификации и местной специфики. Исключение данных, зарегистрированных в период незагруженности зданий, позволило нарисовать более реалистичную картину светового климата в Братиславе. Подобным образом мы смоделировали месячное и годовое наличие разных уровней диффузной наружной освещенности и получили медианные значения и процентиля для всех месяцев года.

3. Результаты

Характерные вероятности реализации разных уровней освещенности были получены в результате обработки значений $E_{v,g}$ и $E_{v,d}$, измеренных в период с 1994 по 1999 г. Рассчитанные медианные значения $E_{v,d,med}$ и процентиля $E_{v,d}$ приведены в табл. 1 для всех исследованных лет. Выраженные в процентах значения дисперсии отражают различия между значениями, соответствующими конкретному году, и значениями, усредненными по всему рассматриваемому периоду. В табл. 2 приведены результаты расчетов, выполненных с использованием всех экспериментальных данных, полученных в период с 4 января 1994 г. по 31 декабря 1999 г. Графическое представление вероятности реализации диффузной наружной освещенности $E_{v,d}$ для каждого года в отдельности и для всего шестилетнего периода в целом приведено, соответственно, на рис. 3 и 4. Желтым цветом в табл. 1 отмечены те ячейки, которые соответствуют минимальной для указанного процентиля дисперсии.

Сравнение соответствующих разным годам процентилей (с 40-го по 90-й) говорит об их малом отличии. Раз-

ность между полученными в разные годы значениями изменяется от 930 лк для 60-го перцентиля (различие между данными, соответствующими 1998 и 1995 гг.) до 1247 лк

для 40-го перцентиля ($E_{v,d,1996}^{(40)} - E_{v,d,1995}^{(40)}$). Дисперсии годовых перцентилей изменяются от -16 % (1996 г., 90-й перцентиль) до +14, 4 % (1999 г., 90-й перцентиль). Наименьшие дисперсии имели место в случае 40-го перцентиля, которому соответствовали наибольшие значения $E_{v,d}$. Представленные в табл. 2 статистические данные отражают их значимость для проектирования естественного освещения зданий. Если в качестве основы для проектирования окон будет использовано медианное значение освещённости, то естественное освещение внутри здания будет удовлетворительным на протяжении 50 % светлого времени суток, когда наружная освещённость будет превышать 16115 лк. Лучшее естественное освещение внутри зданий может быть обеспечено на протяжении года, если проектирование окон осуществлять, исходя из более низкого значения освещённости и, соответственно, большей суточной продолжительности использования дневного света. Это можно обеспечить при использовании 80-го перцентиля. В этом случае естественное освещение внутри здания будет удовлетворительным на протяжении 80 % светлого времени суток, в том числе рано утром и вечером, когда наружная освещённость будет превышать 7284 лк.

Как видно на рис. 3, соответствующие разным годам рассматриваемого периода графики вероятности реализации диффузной горизонтальной наружной освещённости очень схожи. Небольшие расхождения этих графиков говорят о незначительности изменений из года в год диффузной горизонтальной наружной освещённости в Братиславе.

Проанализировав все данные, можно сделать вывод, что дисперсия годовых статистических параметров была наименьшей в 1994 г. (от -1,5 до +3,6 %) и 1997 г. (от -2,7 до +0,6 %) (данные, соответствующие минимальным значениям дисперсии, выделены в табл. 1 жёлтым фоном). С другой стороны, наибольшие значения дисперсии имели место в 1996 г. (от -16,0 до +3,3 %), что говорит о большем количестве облачных условий в течение года.

Вероятность реализации тех или иных уровней наружной освещённости в рассматриваемом месте зависит от его географического положения и климата. Климат в Братиславе характеризуется четырьмя типичными сезонами и умеренными среднеевропейскими климатическими условиями, которые можно охарактеризовать при помощи таких влияющих на естественное освещение параметров, как продолжительность солнечного света, облачность и мутность атмосферы. Результаты проведённых в Братиславе измерений относительной продолжительности солнечного света говорят о том, что её годовые значения незначительно изменяются в окрестностях 0,4. Так как используемые при проектировании данные о естественном освещении должны учитывать и климатические условия, то было исследовано влияние продолжительности солнечного света на полученные статистические данные. В табл. 3 приведены значения относительной продолжительности солнечного света, рассчитанные в соответствии с рекомендациями

«СВЕТОТЕХНИКА», 2017, № 2

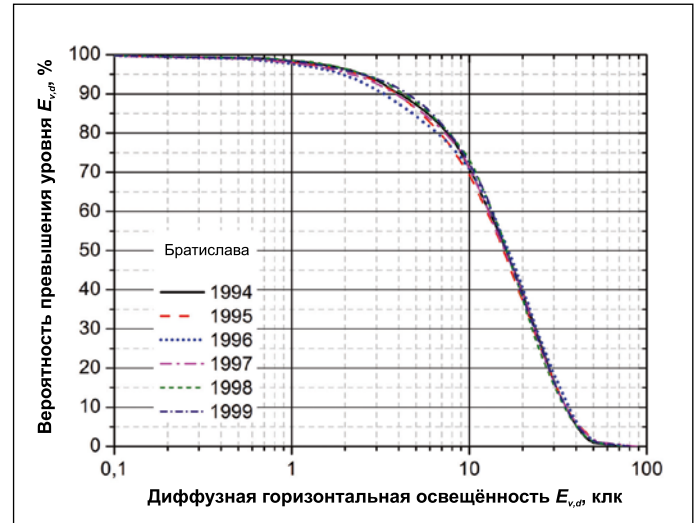


Рис. 3. Вероятность реализации значений освещённости, превышающих $E_{v,d}$ в 1994, 1995, 1996, 1997, 1998 и 1999 г. в Братиславе

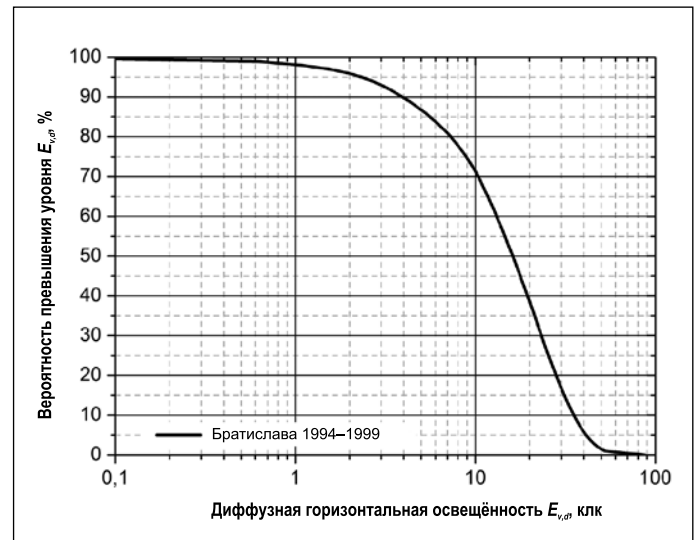


Рис. 4. Вероятность реализации значений освещённости, превышающих $E_{v,d}$ в учебное время в период с 1994 по 1999 г. в Братиславе

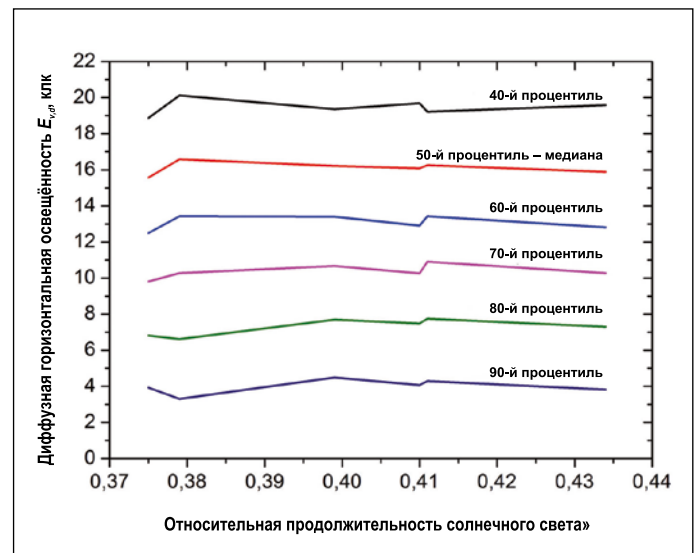


Рис. 5. Связь между относительной продолжительностью солнечного света и диффузной горизонтальной освещённостью

Значения годовых 40-х – 90-х перцентилей диффузной наружной освещённости в стандартное учебное время, Братислава, 1994–1999 гг., лк

Процентиль	Год					
	1994	1995	1996	1997	1998	1999
40-й, лк	19683	18876	20123	19579	19218	19359
Дисперсия, %	+ 1,1	– 3,1	+ 3,3	+ 0,6	– 1,3	– 0,6
50-й = $E_{v, d, med}$, лк	16088	15578	16583	15882	16261	16221
Дисперсия, %	– 0,2	– 3,3	+ 2,9	– 1,4	+ 0,9	+ 0,7
60-й, лк	12904	12502	13432	12812	13432	13406
Дисперсия, %	– 1,5	– 4,6	+ 2,5	– 2,2	+ 2,5	+ 2,3
70-й, лк	10254	9815	10280	10280	10900	10668
Дисперсия, %	– 1,0	– 5,3	– 0,8	– 0,8	+ 5,2	+ 3,0
80-й, лк	7484	6819	6612	7306	7749	7697
Дисперсия, %	+ 2,7	– 6,4	– 9,2	+ 0,3	+ 6,4	+ 5,7
90-й, лк	4070	3926	3302	3823	4288	4494
Дисперсия, %	+ 3,6	– 0,1	– 16,0	– 2,7	+ 9,1	+ 14,4

Таблица 2

Значения медианных значений диффузной наружной освещённости $E_{v, d, med}$ и 40-х – 90-х перцентилей для стандартного учебного времени, Братислава, 1994–1999 гг., лк

Период, гг.	Процентиль					
	40-й	50-й = $E_{v, d, med}$	60-й	70-й	80-й	90-й
	лк					
1994–1999	19471	16115	13100	10360	7284	3930

Таблица 3

Относительная продолжительность солнечного света в Братиславе

Год	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Относительная продолжительность солнечного света	0,410	0,375	0,379	0,434	0,411	0,399

ми МКО [25] на основе измеренных на братиславской станции *IDMP* МКО значений $E_{v, g}$ и $E_{v, d}$. Минимальное и максимальное значения наблюдались, соответственно, в 1995 и 1997 гг.

Для использования различных перцентилей $E_{v, g}$ при проектировании естественного освещения, было сделано допущение, что климатические условия определяют собой сопоставимые ежегодные условия естественного освещения. Исследование связи между продолжительностью солнечного света и вероятностью реализации $E_{v, g}$, описываемой при помощи перцентилей, продемонстрировало отсутствие связи между этими переменными (рис. 5). Этот результат имеет очень важное значение для применения различных перцентилей при проектировании естествен-

ного освещения имеющих разное назначение зданий, таких как офисы, больницы, школы или торговые помещения.

4. Заключение

Исследования, основанные на результатах проведённых в период с 1994 по 1999 гг. измерений диффузной горизонтальной наружной освещённости $E_{v, d}$, показали, что данные разных лет отличаются друг от друга незначительно. Было получено, что уровень, который $E_{v, d}$ превышает с 50-процентной вероятностью, составляет 16115 лк (6-летняя медиана $E_{v, d, med}$), и установлено, что в стандартное учебное время (с 7:00 до 14:30) с 50-процентной вероятностью реализуются меньшие этого уровня значения $E_{v, d}$. В предлагаемом новом европейском стандарте [8] медианное значение диффузной горизонтальной наружной освещённости $E_{v, d, med}$ является ключевым параметром для оценки естественного освещения зданий. Для столицы Словакии Братиславы было получено равное 16300 лк значение $E_{v, d, med}$. В [8] рекомендуется определять $E_{v, d, med}$ на основе спутниковых данных или результатов наземных измерений, проведённых в дневное время, то есть от восхода до заката.

Если естественное освещение зданий проектируется или оценивается с использованием медианного значения диффузной наружной освещённости, то можно ожидать, что уровни освещённости вне зданий будут превышать 16300 лк на протяжении полугода, а остальные полгода вероятности реализации этих уровней освещённости будут меньше, чем 50 %. При этом в случаях, когда уровни диффузной наружной освещённости окажутся ниже своего медианного значения $E_{v, d, med}$, естественное освещение внутри зданий будет недостаточным и потребуется дополнительное освещение.

В прошлом считалось, что модели пасмурного неба МКО соответствуют уровню диффузной наружной освещённости в диапазоне 5000–7000 лк. В школах Словакии люди находятся на протяжении более чем 80–90 % учебного времени. Согласно табл. 1 и рис. 3 и 4, соответствующие критические значения освещённости лежат в интервале от 4000 до 7500 лк. С наружной освещённостью под пасмурным небом МКО традиционно ассоциируется $E_{v, d} = 5000$ лк.

Для обеспечения здорового образа жизни, естественное освещение в здании должно наличествовать в нужное время, то есть когда в здании находятся люди или, иными словами, в стандартное время работы здания. Это означает, что для создания хорошего естественного освещения школьных помещений количество естественного

го света следует определять, исходя из 80-го ($E_{v,d}^{(80)}$) или 90-го ($E_{v,d}^{(90)}$) процентиля (см. табл. 1 и 2). Им соответствуют полученные в данной работе значения статистических параметров (2) и (3):

$$E_{v,d}^{(80)} = 6612-7697 \text{ лк}, \quad (2)$$

$$E_{v,d}^{(90)} = 3301,6-4494 \text{ лк}. \quad (3)$$

Использование для оценки естественного освещения зданий таких статистических параметров, как, например, 80-й или 90-й процентиль, обеспечивает более эффективное использование естественного освещения в школах. Использование при проектировании окон исключительно медианных значений может привести к возведению зданий с окнами, размеры которых обеспечивают достаточное естественное освещение только в течение полугода.

В работе предложен статистический метод оценки диффузной наружной освещённости применительно к обеспечению эффективного использования естественного освещения в школах, в основу которого были положены результаты анализа смоделированных значений диффузной наружной освещённости в учебное время. Применение этого метода для оценки естественного освещения зданий позволит реализовать возможности естественного освещения в части экономии энергии и обеспечить гигиеничность и зрительный комфорт, которые имеют очень важное значение не только для взрослых, но и для молодых людей.

Эта работа финансировалась в рамках проектов *VEGA 2/0042/17* и *APVV-0118-12*.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Boyce, P.R. Human Factors in Lighting. London: CRC Press, 2014.
2. CIE016-1970: Daylight. Vienna: CIE Bureau.
3. Darula, S. Daylighting in the exterior and in the interior. Bratislava: STU, 2011.
4. Ferenciková, M., Darula, S. Diffuse illuminance during school hours // Proc. Int. Conf. Lumen. V4, 2014, Visegrád, Hungary, p. 19.
5. Valček, P., Novák, T., Vaňuš, J., Sokanský, K., Martinek, R. Illuminance Evaluation in Automatically Dimmed Interior Lighting Systems // Proc. VI. IEEE Lighting Conference of the Visegrad Countries LUMEN. 2016, Karpacz. P. 40-44.
6. Li, D.H.W., Tsang, E. K.W. An analysis of daylighting performance for office buildings in Hong Kong // Building and Environment. – 2008. – Vol. 43, No. 9. – P. 1449-1458.
7. Tregenza, P. Standard skies for maritime climates // Lighting Research and Technology. – 1999. – Vol. 31, No. 3. – P. 97-106.
8. prEN17037 Daylight of Buildings, draft July 2016.
9. Darula, S., Kittler, R., Kocifaj, M., Plch, J., Mohelníková, J., Vajkay, F. Osvětlování světlovody (Light guide illumination). Praha: Grada Publishing, a.s., 2009. (In Czech).
10. Enarun, D., Littlefair, P. Luminance models for overcast skies: Assessment using measured data // Lighting Research and Technology. – 1995. – Vol. 27, No. 1. – P. 53-58.
11. Mardaljevic, J. Simulation of annual daylighting profiles for internal illuminance // Lighting Research and Technology. – 2000. – Vol. 32, No. 3. – P. 111-118.
12. Darula, S., Kittler, R., Kambezidis, H., Bartzokas, A. Reconstruction of missing measured illuminance values in regular daylight data recording // Proc. 14th Int. Conf. Light 2003, Liptovský Ján, Dom techniky ZSVTS, Bratislava, p. 62-70.

13. Ng, E., Cheng, V., Gadi, A., Mu, J., Lee, M. 2007, Defining standard skies for Hong Kong // Building and Environment. – 2007. – Vol. 42, No. 2. – P. 866-876.

14. Alshabani, K. Finding frequency distributions of CIE Standard General Skies from sky illuminance or irradiance. // Lighting Research and Technology. – 2011. – Vol. 43. – P. 487-495.

15. Budak, V.P., Smirnov, P.A. A physical model of the firmament to calculate daylight // Light and Engineering. – 2013. – Vol. 21. 17-23.

15a. Будак В.П., Смирнов П.А. Физическая модель небосвода для расчётов естественного освещения // Светотехника. – 2013. – № 2. – С. 59-63.

16. Kittler, R., Kocifaj, M., Darula, S. Daylight science and daylighting technology. New York: Springer, 2012.

17. Dumortier, D., Fontoynt, M., Avouac-Bastie, P. Daylight availability in Lyon // Proc. Conf. on Energy Performance and Indoor Climate in Buildings. Lyon, 1994, p. 1315-1320.

18. Darula, S., Kittler, R. Research of the year-round changes of solar and daylight availability for the computer evaluation of sustainable buildings, Daily courses and sunshine duration in Bratislava during 2001-2005 after IDMP measurements. VEGA 2/5093/5 R2006, 1, ICA SAS Bratislava, 2006.

19. Kittler, R., Pulpitová, J. Základy využívania slnečného svetla žiarenia (Basis of the utilization of solar radiation). Bratislava: Veda, 1988. (In Slovak).

20. Hayman S. The daylight climate of Sydney. Ph D. Thesis, University of Sydney, 1996.

21. Darula, S. Štatistické charakteristiky exteriérovej osvetlenosti v Bratislave podľa meraní počas rokov 1994 a 1995. (Statistical characteristics of exterior illuminance measured during 1994-1995) // Světelná technika. – 1997. – Vol. 30, No. 3-4. – P. 42-46. (In Slovak).

22. Mardaljevic, J. Simulation of annual daylight profiles for internal illuminance // Lighting Res. Technol. – 2000. – Vol. 32, No. 3. – P. 111-118.

23. Mardaljevic, J., Christoffersen, J., Raynham, P. A proposal for a European standard for daylight in buildings // Proc. Int. Conf. Lux Europa 2013, Krakov, p. 237-250.

24. Vyhláška č. 364/2012 Z. z. Ministerstva dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky, ktorou sa vykonáva zákon č. 555/2005 Z. z. o energetickej hospodárnosti budov a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov. (Regulation No. 364/2012 Z. z. Ministry of Transport, Construction and Regional Development of the Slovak Republic on Energy Performance of Buildings). (In Slovak).

25. CIE108:1994. Guide to recommended practice of daylight measurement. Vienna: Central Bureau.



Станислав Дарула (Stanislav Darula),

Dr. Выпускник Словацкого технического университета, Братислава, Словакия, по специальности «Строительство зданий». Руководитель отдела строительной физики Строительно-архитектурного института Словацкой академии наук, Братислава, Словакия. Область научных интересов: естественное освещение с упором на проектирование, измерение и оценку естественного освещения зданий и на использование солнечной энергии и энергосбережение в зданиях



Мария Ференчикова (Mária

Ferenciková), Dipl. Ing. Окончила Словацкий технический университет (1991 г.). Руководитель творческой студии M&P. Область научных интересов: проектирование естественного освещения зданий. В рамках Словацкого национального отделения МКО принимает участие в разработке европейского стандарта на естественное освещение зданий