

© Новикова И.И., Зубцовская Н.А., Лобкис М.А., Ивлева Г.П., 2020

УДК 613.955

Гигиеническое нормирование естественного освещения: проблемы, задачи, международный опыт (обзорная статья)

И.И. Новикова, Н.А. Зубцовская, М.А. Лобкис, Г.П. Ивлева

ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора,
ул. Пархоменко, 7, г. Новосибирск, 630108, Российская Федерация

Резюме: Целью настоящего исследования является изучение мирового опыта и международной практики нормирования естественной освещенности в образовательных организациях, а также опыта использования инновационных решений в этой области. *Результаты и обсуждение.* В статье представлен перечень нормативных актов европейских стран, регламентирующих показатели естественной и искусственной освещенности в жилых и общественных зданиях. Коэффициент дневного света (DF), являющийся аналогом отечественного показателя коэффициента естественной освещенности, в разных странах имеет диапазон нормативных значений от 0,8 до 5 %. В статье приведены требования к освещению и инсоляции жилых и общественных зданий, в том числе общеобразовательных организаций таких стран, как Великобритания, Германия, Греция, Польша, США, Швеция, Кипр, Нидерланды, Япония, по следующим показателям: коэффициент дневного света, световой коэффициент, показатель объединенного дискомфорта, коэффициент трансмиссии света, распределение светового потока. В целом, не обращая внимания на разную терминологию, перечень нормируемых параметров естественной освещенности как в Российской Федерации, так и в зарубежных странах является идентичным. При этом требования, предъявляемые к естественному освещению (DF (КЕО), продолжительность инсоляции), в европейских стандартах более жесткие. Влияние естественного освещения на здоровье и успеваемость школьников было предметом изучения в Швеции и США. Авторы пришли к выводу, что работа в классах без естественного света может нарушить основной гормональный фон, повлиять на способность детей концентрировать внимание, взаимодействовать друг с другом, а также в конечном итоге оказывать влияние на показатели роста и число пропусков по заболеваемости. *Выводы.* Исследования данных мирового опыта, свидетельствующих о значимости естественного света в формировании оптимальных условий для обучения и зрительной работы школьников, профилактики нарушений здоровья, позволяют сделать вывод о необходимости инициации научных исследований в части установления математических моделей риска здоровью школьников.

Ключевые слова: естественная освещенность, нормирование, инсоляция, влияние на здоровье, образовательные организации.

Для цитирования: Новикова И.И., Зубцовская Н.А., Лобкис М.А., Ивлева Г.П. Гигиеническое нормирование естественного освещения: проблемы, задачи, международный опыт (обзорная статья) // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 3 (324). С. 10–15. DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-324-3-10-15>

Hygienic Standardization of Daylight: Problems, Tasks, and International Experience (Literature Review)

I.I. Novikova, N.A. Zubtsovskaya, M.A. Lobkis, G.P. Ivleva

Novosibirsk Research Institute of Hygiene, 7 Parkhomenko Street, Novosibirsk, 630108, Russian Federation

Abstract: *Purpose.* The purpose of the study was to analyze world experience and international practice of regulating natural lighting at schools and innovative solutions in this field. *Results and discussions.* The article presents the list of regulations of European countries regarding standard requirements for daylight and artificial lighting in residential and public buildings. The Daylight Factor (DF), which is the equivalent of the Russian natural illumination coefficient, varies from 0.8 to 5 per cent in different countries. The article describes lighting and insolation requirements for the daylight factor, light coefficient, combined discomfort indicator, light transmission coefficient, and light flux distribution in residential and public buildings, including comprehensive schools, in such countries as the United Kingdom, Germany, Greece, Poland, USA, Sweden, Cyprus, Netherlands, and Japan. The list of rated parameters of daylight both in the Russian Federation and in foreign countries is identical. At the same time, the requirements for natural lighting (DF, duration of insolation) in European standards are more stringent. The impact of daylight on schoolchildren's health and performance was the subject of research in Sweden and the United States. Their authors concluded that studying in classrooms without daylight could disrupt the basic hormonal background, affect the ability of children to concentrate attention and interact with each other, influence growth and the number of days missed due to illness. *Conclusions.* The analysis of international data proving the importance of daylight in forming optimal conditions for education and eyesight of schoolchildren and preventing health disorders enabled us to conclude on the necessity to launch scientific research into mathematical models of health risks for schoolchildren.

Key words: daylight; standards; insolation; health effects; schools.

For citation: Novikova II, Zubtsovskaya NA, Lobkis MA, Ivleva GP. Hygienic standardization of daylight: problems, tasks, and international experience (literature review). *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2020; 3(324):10–15. (In Russian) DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-324-3-10-15>

Information about the authors: Novikova I.I., <https://orcid.org/0000-0003-1105-471X>; Zubtsovskaya N.A., <https://orcid.org/0000-0001-6817-200X>; Lobkis M.A., <https://orcid.org/0000-0002-8483-5229>; Ivleva G.P., <https://orcid.org/0000-0001-9011-1000>.

Целью настоящего исследования является изучение мирового опыта и международной практики нормирования естественной освещенности в образовательных организациях, эффективности использования инновационных решений в достижении нормативных уровней естественной освещенности.

Гигиеническое значение естественной освещенности неоспоримо. Наличие естественного света в достаточном количестве даже в условиях закрытых помещений оказывает то-

низирующее, благоприятное физиологическое и психологическое воздействие на организм человека — особенно человека, у которого еще не завершены процессы роста и развития. Общеизвестно, что наличие естественного света в помещении повышает настроение, умственную работоспособность, благоприятно воздействует на нервную систему, позволяет правильно воспринимать окружающие объекты за счет отсутствия искажения формы и цвета предметов. Естественный свет наиболее комфортен

для глаз человека. Зрительное утомление при работе в условиях естественного освещения возникает не так быстро, как при использовании искусственного освещения.

В нормировании и гигиенической оценке естественного освещения традиционно применяются два метода: светотехнический и геометрический.

В странах Евросоюза регламентация требований в области нормирования естественного и искусственного освещения является прерогативой Международной комиссии по освещению (CIE), Международной организации по стандартизации (ISO), Международной электротехнической комиссии (IEC); на региональном уровне — Европейского комитета по стандартизации (CEN). Сейчас в CEN входят следующие страны: Бельгия, Дания, Германия, Финляндия, Франция, Греция, Ирландия, Исландия, Италия, Люксембург, Мальта, Голландия, Норвегия, Нидерланды, Австрия, Португалия, Швеция, Швейцария, Испания, Чехия и Англия.

Стандарт EN 12464-1:2011-08 является основным документом по нормированию освещенности во всех европейских странах¹ [1]. Международная комиссия по стандартизации (ISO) на основе этих норм приняла международные нормы внутреннего освещения ISO 8995-1:2002/ Cor 1:2005 (CIE S 008/E:2001) «Lighting of work places — Part 1: Indoor work places» — издание 2002 года с редакционными исправлениями 2005 года [2]. Данный стандарт содержит требования к естественному и искусственному освещению рабочих мест внутри помещений, устанавливает требования к количественным и качественным показателям освещения рабочих поверхностей. Особое внимание уделяется обязательному наличию источника естественного освещения. Однако требования к достаточности дневного света в данном документе не регламентированы. Параметры естественной освещенности (аналог КЕО — коэффициента естественной освещенности) на рабочих местах установлены локальными нормативными документами каждого из государств.

Все положения, обеспечивающие безопасность и охрану здоровья в Германии, указаны в Федеральном законе ASR A3.4, который устанавливает обязательность наличия дневного освещения в помещениях и обосновывает требования к его достаточности. Раздел 4 ASR A3.4 гласит, что «рабочие места должны получать как можно больше дневного света. Дневной свет обладает качественными характеристиками (например, динамикой, цветом, направлением, количеством света), которые недостижимы в полной мере за счет искусственного освещения». В данном разделе также содержится метрическое нормирование дневного света, который определяется как коэффициент дневного света — DF (отношение уровня освещенности внутри конструкции к уровню освещенности

вне конструкции). $DF = (E_i / E_o) \times 100\%$, где E_i — освещенность дневным светом рабочей поверхности внутри помещения, E_o — одновременно наружная освещенность в горизонтальной плоскости при облачном небе. На рабочих местах коэффициент дневного света должен составлять не менее 2 %, отношение прозрачного окна к пространственному основанию должно составлять не менее 1 : 10» [3].

Нормирование дневного света в Великобритании отражено в британском стандарте British Standard BS 8206 Part 2 в виде минимальных значений DF для жилых помещений. Минимальные средние значения коэффициента дневного освещения должны быть не менее 1 %, однако если помещение объединяет несколько функциональных пространств, то данное значение должно быть не менее 2 %. В случае отсутствия источника искусственного освещения DF должен быть не менее 5 % [4].

Кодекс по освещению института строительной службы Оксфорда (CIBSE (2002) Code for Lighting, Oxford: Chartered Institution of Building Services Engineers) также описывает данную связь величины коэффициента дневного освещения и характера достаточности дневного света: «Чем выше DF, тем больше дневного света поступает в помещение. Помещения со средним значением DF 2 % и более могут рассматриваться как дневные, но для визуальных задач может потребоваться электрическое освещение. Помещение будет сильно освещено дневным светом, когда средний DF будет 5 % или более, и в этом случае электрическое освещение, скорее всего, не будет использоваться в дневное время» [5].

Полезная дневная освещенность (UDI) — еще один показатель доступности дневного света, который соответствует проценту занятого времени, когда целевой диапазон освещенности в точке пространства включает в себя и дневной свет. Дневное освещение в диапазоне от 100 до 300 люкс считается эффективным либо в качестве единственного источника освещения, либо в сочетании с искусственным освещением. Дневное освещение в диапазоне от 300 до 3000 люкс часто воспринимается как желательное. Недавние примеры школьного дизайна дневного освещения в Великобритании привели к рекомендациям по достижению UDI в диапазоне 100–3000 люкс при 80 % рабочего времени [6].

В строительных правилах Польши регламентируются: отношение площади окна к поверхности — не менее 1 : 8; продолжительность инсоляции помещений, предназначенных для детей, — не менее 3 ч в дни равноденствия с 8 до 16 ч². Независимо от того, каким образом осуществляется освещение (с помощью искусственного, естественного или комбинированного метода), требования к уровню освещенности остаются неизменными: стены — не менее 50 лк, потолок — не менее 30 лк. В нормативе даны такие понятия, как поле выполнения зрительного

¹ EN 12 464-1 Light and lighting — Lighting of work places — Part 1: Indoor work places. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cibse.org/getmedia/3b3cba92-f3cc-4477-bc63-8c02fc31472c/EN12464-2011.pdf.aspx> (дата обращения: 5.04.2019).

² PN-EN 12464-1:2012, Światło i oświetlenie. Oświetlenie miejsc pracy, Część 1: Miejsca pracy we wnętrzach, PKN, Warszawa. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://translate.google.com/translate?hl=ru&sl=pl&tl=ru&u=http%3A%2F%2Fsklep.pkn.pl%2Fpn-en-12464-1-2012p.html> (дата обращения: 5.05.2019).

задания, т. е. область непосредственно вокруг поля выполнения задания, и поле дальнего плана от поля задания. В учебных классах в поле выполнения зрительного задания уровень освещенности должен быть не менее 300 лк, показатель объединенного дискомфорта — не более 19, распределение светового потока — не менее 0,6. Учебные доски — соответственно 500 лк; 19; 0,7. Кабинеты черчения — соответственно 750 лк; 19; 0,6. Коридоры — соответственно 100 лк; 28; 0,4. При проектировании зданий руководствуются стандартом МВJ 2030, согласно которому стеклопакеты окон, размещенных на северном фасаде, должны иметь коэффициент трансмиссии света не менее 75 % (пропускная способность), рекомендуемая глубина помещений — не более 5,5 м. Коэффициент дневного света должен быть не менее 1,5 % [7].

В таблице 1 приведены некоторые значения параметров для оценки уровня естественной освещенности в учебных классах зарубежных стран в сравнении с аналогичными в Российской Федерации.

Освещение помещения прямыми солнечными лучами имеет важное физиолого-гигиеническое значение. Продолжительность инсоляции нормируется в зависимости от широты местности как в нашей стране, так и в других странах. Считается, что освещенность помещения только рассеянным или отраженным светом не является полноценной и способствует возникновению нарушений здоровья.

Минимум продолжительности инсоляции жилых и общественных зданий в Германии соответствует 4 ч в дни весеннего и осеннего равноденствия, в Швеции — минимум 5 ч в дни равноденствия, в Польше — минимум 3 ч в дни равноденствия, в Италии, Нидерландах — минимум 2 ч в период с 19 февраля по 21 октября, в Эстонии — минимум 3 ч в период с 22 апреля по 22 августа [8].

В Российской Федерации минимум продолжительности инсоляции составляет 2,5 ч с 22 апреля по 22 августа для северных регионов, минимум 2 ч для центральной части России и минимум 1,5 ч для южных регионов³.

При плотной застройке возникает проблема дефицита естественного освещения в жилых помещениях, школах, детских садах.

В одном из исследований шведских ученых о влиянии геометрии здания на соблюдение требуемых параметров естественной освещенности было исследовано 54 многоэтажных здания. Установлено, что только 26 % квартир соответствовали параметру DFP (или DF) на уровне более 1 %. Данный показатель в шведских строительных нормах и правилах определяет его соответствие на уровне более 1 % во всех жилых комнатах. Исследование установило, что более высокая плотность городского населения и потребность в больших площадях квартир привели к строительству за период 1961–1974 гг. домов с низким уровнем дневного света по сравнению с периодом

Таблица 1. Параметры оценки уровня естественной освещенности в школах зарубежных стран в сравнении с российскими нормами

Table 1. Parameters of estimation of daylight in schools of foreign countries compared with Russian standards

1) KEO / DF	РФ / RF	Германия / Germany	Португалия / Portugal	Кипр / Cyprus
Учебные классы и кабинеты / Classrooms and offices	1,5	более 2 % / > 2 %	более 2 % / > 2 %	0,8–2 %
2) СК / index passways	РФ / RF	Германия / Germany	Греция / Greece	Польша / Poland
Учебные классы и кабинеты / Classrooms and offices	не менее / at least 1 : 6	не менее / at least 1 : 10	не менее / at least 1 : 10	не менее / at least 1 : 8
3) Глубина учебных классов / Depth of classrooms	РФ/RF			Польша / Poland
Учебные классы и кабинеты / Classrooms and offices	при глубине более 6 м требуется дополнительное освещение / Classrooms and offices deeper than 6 m require additional lighting			не более 5,5 м / not more than 5.5 m
6) Показатель объединенного дискомфорта / UGR	РФ / RF	Нидерланды / Netherlands	Германия / Germany	Япония / Japan
Учебные классы и кабинеты / Classrooms and offices	не более 24 / ≤ 24	не более 19 / ≤ 19	не более 19 / ≤ 19	не более 19 / ≤ 19
4) Коэффициент трансмиссии света (коэффициент эксплуатации) / MF	РФ / RF			Польша / Poland
Жилые и общественные здания / Residential and public buildings	0,67–0,83 в зависимости от угла наклона светопропускающего материала к горизонту / 0.67–0.83 depending on the angle of inclination of the light-transmitting material to the horizon			не менее 75 % / ≥ 75 %
5) Распределение светового потока / Light flux distribution	РФ / RF	Греция / Greece	Кипр / Cyprus	Польша / Poland
Жилые и общественные здания / Residential and public buildings	Не менее 0,6 для зрительных работ 4–7 / ≥ 0.6 for visual works of grades 4–7	не менее 0,6 / ≥ 0.6	не менее 0,4 / ≥ 0.4	не менее 0,6 / ≥ 0.6
6) Продолжительность инсоляции / Duration of insolation	РФ / RF	Германия / Germany	Швеция / Sweden	Нидерланды / Netherlands
Жилые и общественные здания / Residential and public buildings	2,5 ч с 22 апреля по 22 августа для северных регионов, минимум 2 ч для центральной части России и минимум 1,5 ч для южных регионов / 2.5 hours from 22 April to 22 August for the northern regions, at least 2 hours for the central part of Russia and at least 1.5 hours for the southern regions	не менее 4 ч в день весеннего равноденствия, для зимнего времени 1 час – 17 января / ≥ 4 hours per day of spring equinox, for winter time 1 hour – 17 January	не менее 5 ч между 9 утра и 5 вечера в дни весеннего и осеннего равноденствия / ≥ 5 hours between 9 am and 5 pm on the days of the spring and autumn equinox	не менее 2 ч в период 19 февраля – 21 октября / ≥ 2 hours during the period of 19 February – 21 October

1940–1960 гг. Потребность удовлетворить спрос, а также неоднозначная трактовка соблюдения параметра DFP привели к тому, что современные здания имеют недостаточное естественное освещение [9].

Кроме необходимости соблюдения регламентов, принципов энергоэффективности, способность естественного света влиять на работоспособность и здоровье человека является неоспоримым положительным аспектом в его использовании в жилых и общественных зданиях [10–12].

В исследовании, проведенном в Швеции в 1992 году, рассматривалось влияние естественного света на здоровье, поведение и уровень кортизола (гормон стресса) у 88 восьмилетних учеников, обучающихся в четырех классных комнатах в течение одного года. В модельных кабинетах были различные комбинации дневного и флуоресцентного освещения. Дети в классах с естественным освещением имели типичные сезонные и дневные ритмы, в то время как дети в классах только с теплым белым флуоресцентным светом демонстрировали изменения поведения и производства кортизола. Были выявлены выраженные корреляции между количеством дневного света и поведением школьников, их общительностью и концентрацией внимания. Авторы пришли к выводу, что работа в классах без естественного света может нарушить основной гормональный фон, повлиять на способность детей концентрировать внимание, взаимодействовать друг с другом, а также в конечном итоге оказывать влияние на показатели роста и число пропусков по заболеваемости. Таким образом, исследователи пришли к выводу о значимости естественного освещения и недопустимости его дефицита.

Влияние естественного освещения на успеваемость школьников долгие годы было предметом интереса в США. Прежде чем люминесцентное освещение стало распространенным, Департамент образования Калифорнии провел процесс проверки архитектурного дизайна классных комнат, чтобы обеспечить стандарты естественного освещения. В результате классные комнаты в Калифорнии, построенные в 1950-х и начале 1960-х годов, остаются отличными примерами естественного освещения. Проект здания с несколькими рядами отдельных классных комнат, каждая с окнами с двух сторон, стали стандартом для калифорнийских кампусов. Выступая против использования больших стеклянных пространств и высоких потолков, в конце 1960-х годов инженеры-архитекторы и экономисты-строители, посчитали возможным устанавливать в классах кондиционеры. Они утверждали, что школы можно построить дешевле на небольших площадях, если классные комнаты будут построены вплотную или сгруппированы вместе, без ограничений по солнечной ориентации. В результате во многих классных комнатах, построенных с 1960-х годов, было недостаточно естественного света. Многие школы были построены вообще без окон. Это было наиболее распространено в Калифорнии. Исследования в Соединенных

Штатах, утверждающие взаимосвязь между дневным освещением и успеваемостью учащихся, вызвали значительный интерес среди защитников обязательной естественной освещенности в школах. Эти исследования, с растущим интересом к «естественной» и «здоровой» окружающей среде, способствовали возрождению интереса к естественному освещению в школах.

Исследование роли естественного освещения было проведено в трех разных округах штатов Калифорния, Колорадо, Вашингтон в 90-е годы прошлого столетия. Была установлена статистически достоверная прямая связь (достоверность 99 %) между успеваемостью и качеством дневного освещения, в том числе с использованием световых фонарей, дающих мягкий рассеянный свет, а также регулярным проветриванием. Проанализированы результаты тестов более чем 21 000 учащихся от второго до пятого классов начальной школы. Авторы оценили освещенность и физиологические реакции детей в более 2000 классных комнат.

Оценке подлежали различные архитектурно-планировочные решения, кабинеты без окон вообще, кабинеты, имеющие окна с тонированными стеклами, кабинеты с большими окнами и высокими потолками (11 футов) и кабинеты, имеющие оконные стены с двух сторон аудитории. Оценивалась также группа классных комнат, имеющих верхнее естественное освещение.

В исследовании использовался многомерный линейный регрессионный анализ. Регрессии сравнивались с использованием данных из двух отдельных тестов по математике и чтению. Были сделаны выводы о том, что при прочих равных условиях ученики в классах с самой большой оконной областью или высокими уровнями естественной освещенности показали более высокие результаты тестирования на 9–15 % выше, чем ученики в классах с наименьшим количеством окон.

Результаты других зарубежных исследователей демонстрируют, что по сравнению с искусственным освещением дневной свет по своим качественным характеристикам лучше и больше подходит для визуальных задач. «Качество света» включает в себя ряд атрибутов: лучшее распределение света (дневной свет является рассеянным источником света, имеет тенденцию к равномерному освещению поверхностей во всех направлениях — вверх, вниз и в стороны), лучшую цветопередачу (дневной свет включает в себя непрерывный спектр световых волн, тогда как большинство электрических источников включают только часть спектра, соответственно дневной свет хорошо передает все цвета и тона), отсутствие мерцания, отсутствие бликов на трехмерных объектах [13].

Известно, что высокие уровни естественного освещения вызывают более высокие уровни возбуждения, соответственно более высокие уровни естественной освещенности помогают детям быть более внимательными и способными воспринимать новую информацию.

Проблема интенсивной плотной застройки как в Европе, так и России, недостатка

³ СанПиН 2.2.1/2.1.1.1076–01 «Гигиенические требования к инсоляции и солнцезащите помещений жилых и общественных зданий и территорий».

естественного света в жилых и общественных зданиях вынуждают исследователей, проектировщиков искать эффективные архитектурные решения.

Зарубежная практика показывает, что проектирование световой среды в помещениях должно включать наряду с обеспечением количественных показателей естественного освещения (DF) выполнение ряда требований, связанных с качеством освещения (визуальная связь с наружным пространством, ощущение достаточности освещения, видимости небосвода). Исследования показывают, что одним из главных параметров, влияющих на визуальную связь с пространством, является высота оконных проемов. В основных помещениях общеобразовательных школ целесообразно применять окна высотой не менее 2,40 м. В этом случае повышается угол раскрытия небосвода, что положительно сказывается на качестве освещения, а также повышается яркость светового проема и увеличивается количество естественного освещения, попадающего в помещение, при равной площади окон [14].

Также предлагаются инновационные методы повышения уровня естественного освещения помещений. Один из современных способов улучшения уровня естественной освещенности помещений — специальные экраны, обеспечивающие направленное отражение дневного света на затененные участки фасадов соседних зданий. Их можно устанавливать на стенах или карнизах, а также на элементах дворовой инфраструктуры. Конструкция экранов может быть различной: рифленые металлические листы, фасеточные панели, зеркала и другие призматические устройства. Уровень освещенности объектов улучшается примерно на треть в солнечную погоду и на 10–15 % в пасмурную. Дополнительное преимущество фасеточных зеркал, поверхность которых состоит из множества сегментов (сот), — яркое освещение фасада здания при отсутствии слепящего эффекта (прямой свет становится рассеянным). Можно обеспечить поступление дневного света в помещение с недостаточным естественным освещением, используя рефлекторную систему дневного освещения. Она устанавливается на фасаде здания и направляет рассеянное излучение неба с помощью отражающего элемента на потолок с высоким коэффициентом отражения. В солнечный день этот светонаправляющий элемент является одновременно солнцезащитным козырьком. Известен зарубежный и отечественный опыт использования различных устройств для ввода естественного света в помещения жилых и общественных зданий: горизонтальные и вертикальные полые трубчатые световоды (ПТС) [15]. Полый световод — это система естественного освещения, которая принимает солнечный и рассеянный свет через купола различной формы и сечения, расположенные на крыше или фасаде зданий, и транспортирует его по трубчатому каналу внутрь здания. Внутренние поверхности трубы имеют очень высокий коэффициент отражения света. На потолке освещаемого помещения устанавливается светорассеивающее выходное окно. Световоды позволяют освещать помещения в

глубине широких зданий, на нижних этажах и в подвалах [16]. Такие световодные системы можно устроить для освещения любых помещений старых жилых и общественных зданий с фиксированной планировкой. Естественный свет вглубь здания можно проводить не только по трубам диаметром от 200 мм до 1,5 м, но и по тонким оптическим волокнам. Инновацией в области естественного освещения зданий стала система, проводящая солнечный свет по оптическому волокну, разработанному шведской фирмой Parans. Светоприемник состоит из 36 линз Френеля, равномерно вращающихся вокруг своей оси внутри блока, следующего в течение дня за солнцем. Собираемый в течение дня солнечный свет поступает по волоконно-оптическим световодам в здание, где распределяется в разные помещения. Сфера применения таких световодных систем шире, чем при использовании ПТС, для работы которых необходимо наличие внутреннего свободного пространства для трубы — более громоздкой, чем тонкие и незаметные кабели оптического волокна. Кроме того, солнечное освещение по оптическому волокну можно включать или выключать с помощью простого переключателя, который позволяет повернуть линзы в сторону от попадания солнечных лучей [17].

Таким образом, при проектировании следует принимать во внимание как совершенствование традиционных факторов, определяющих световую среду помещения, так и возможность новых осветительных систем и устройств. Применение инновационных методов не только компенсирует недостающую освещенность в соответствии с нормативными показателями, но и может создать комфортную световую среду и внести свой вклад в энергосбережение возводимых или уже существующих зданий.

Выводы:

1. Следует отметить, что в мировой практике требования к естественной освещенности нормируются документами, регламентирующими требования к строительству зданий и сооружений. При этом требования в области естественной освещенности являются более жесткими (DF (KEO), продолжительность инсоляции). В целом, не обращая внимания на разную терминологию, перечень нормируемых параметров естественной освещенности как в РФ, так и в зарубежных странах является идентичным. Однако стоит отметить отсутствие в европейских стандартах критериев проекции потоков естественного освещения, указания на обязательную ориентацию окон учебных классов общеобразовательных учреждений по сторонам горизонта.

2. Исследования данных мирового опыта, свидетельствующих о значимости естественного света для формирования оптимальных условий обучения и зрительной работы школьников, профилактики нарушений здоровья, позволяют сделать вывод о необходимости инициации научных исследований в части установления математических моделей риска здоровью и эффективности здоровьесбережения при условиях рационального использования естественной освещенности помещений для занятий преимущественно умственным трудом, в том числе с использованием инновационных инженерных решений.

Список литературы
(пп. 1–6, 8, 9, 11–13 см. References)

7. Уйма А. Требования по освещению помещений в нормативных документах Республики Польша и их связь с энергосбережением // Жилищное строительство. 2015. № 6. С. 35–40.
10. Дейнего В.Н. и др. Профилактика глазных заболеваний: светобиологическая безопасность и гигиена энергосберегающих источников света. Аналитический обзор // Глаз. 2016. Т. 1. № 107. С. 18–33 [Электронный ресурс]. Доступно по: [http://cet.tatarstan.ru/file/File/\[1\].pdf](http://cet.tatarstan.ru/file/File/[1].pdf) (ссылка активна на: 16.05.2019).
14. Земцов В.А., Гагарина Е.В. Методические принципы обеспечения нормированного регламента по естественному освещению на примере общеобразовательных школ // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Стр-во и архит. 2013. Вып. 31-2(50). С. 492–498.
15. Блинов В.А., Смирнов Л.Н., Блинов В.В. Совершенствование естественного освещения в жилых и офисных зданиях // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2012. № 2. С. 23–26.
16. Соловьев А.К. Полые трубчатые световоды и их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии. // Светотехника. 2011. № 5. С. 41–47.
17. Карасева Л.В., Лузина Ю.Л. Современные методы повышения естественной освещенности в уплотненной городской застройке // Молодой исследователь Дона. 2018. № 4(13) С. 56–60.

References

1. Guide to DIN EN 12464-1, Lighting of work places – Part 1: Indoor work place. Fördergemeinschaft Gutes Licht. Available at: http://en.licht.de/fileadmin/Publications/More_publications/1303_E_Guide-DIN-EN-12464-1_web.pdf (accessed: 04.04.2019).
2. Ölzer AI, Kitada M, Dalaklis D, et al. Trends and challenges in maritime energy management. Springer, 2018;6. Available at: <https://www.springer.com/gp/book/9783319745756> (accessed: 5.04.2019). DOI: 10.1007/978-3-319-74575-3
3. Technische Regeln für Arbeitsstätten Beleuchtung. ASR A3.4. Bundesrecht. Vom 29. April 2011 (GMBI S. 303). Zuletzt geändert durch die Bek. vom 10. April 2014. Available at: <https://www.arbeitssicherheit.de/schriften/dokument/0%3A4401370%2C1.html> (accessed: 04.04.2019).
4. Internal Daylight Assessment 22 Marloes Road Project No: 8433 October 01, 2014, pp. 4–5. Available at: <https://www.rbkc.gov.uk/idxWAM/doc/Other-337600.pdf?extension=.pdf&id=1337600&location=Volume2&contentType=application/pdf&pageCount=1> (accessed: 03.05.2019).
5. Daylight calculations and measurements. VELUX. VKR Holding A/S [DK]. Available at: <https://www.velux.com/deic/daylight/daylight-calculations-and-measurements#section1.7.1>. (accessed: 04.04.2019).
6. Mardaljevic J, Andersen M, Roy N, et al. Daylighting metrics: Is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability? First Building

Simulation and Optimization Conference Loughborough, UK 10–11 September 2012. Available at: <http://www.ibpsa.org/proceedings/BSO2012/3B1.pdf> (accessed: 4.04.2019).

7. Ujma A. Requirements for lighting of premises in normative documents of the Republic of Poland and their relationship with energy saving. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2015;6:35–40.
8. Darula S, Christoffersen J, Malikova M. Sunlight and insolation of building interiors. Energy Procedia. 2015; 78(11):1245 – 50. DOI: 10.1016/j.egypro.2015.11.266.
9. Bournas I, Dubois M-C. Daylight regulation compliance of existing multi-family apartment blocks in Sweden. Build Environ. 2019; 150:254–265. DOI: 10.1016/j.buildenv.2019.01.013.
10. Deinego VN, Kapstov VA, Balashevich LI, et al. Eye disease prevention: light biological safety and hygiene lighting with energy-saving lamps. Glaz. 2016; 107(1):18–33. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37266157> (accessed: 16.05.2019) (in Russian).
11. Edwards L, Torcellini PA. Literature review of the effects of natural light on building occupants. National Renewable Energy Lab., Golden, CO. (US). 2002; Technical Report No. NREL/TP-550-30769. DOI: 10.2172/15000841
12. de Bruin-Hordijk T., de Groor E. Lighting in schools. 2012:10. Available at: <https://docplayer.net/13848599-Lighting-in-schools-truus-de-bruin-hordijk-1-en-ellie-de-groot-2-1-climate-design-building-physics-faculty-of-architecture-tu-delft-the-netherlands.html> (accessed: 16.05.2019)
13. Loysos G. An investigation into the relationship between daylighting and human performance. The condensed report. 20 of August, 1999. Pacific gas and electric company. Available at: <https://h-m-g.com/downloads/Daylighting/schoolc.pdf> (accessed: 5.05.2019).
14. Zemcov VA, Gagarina EV. Methodic principles of providing normalize regulations on natural lighting by the example of comprehensive schools. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura. 2013;31-2(50):492–498. (In Russian).
15. Blinov VA, Smirnov LN, Blinov VV. Improvement of natural lighting in residential and office buildings. Akademicheskij vestnik UralNIIProekt RAASN. 2012; 2:23–26. (In Russian).
16. Solov'ev AK. Hollow tubular light guides and their applications for natural lighting of buildings and energy saving. Svetotekhnika. 2011; 5:41–47. (In Russian).
17. Karaseva LV, Luzina YuL. Modern methods of increasing natural lighting of premises in dense urban area. Molodoj issledovatel' Dona. 2018; 13(4):56–60. (In Russian).

Контактная информация:

Новикова Ирина Игоревна, д.м.н., директор, ФБУН «Новосибирский НИИ гигиены» Роспотребнадзора, e-mail: novik_ir70@rambler.ru

Corresponding author:

Irina I. Novikova, Doctor of Medical Sciences, Director, Novosibirsk Research Institute of Hygiene e-mail: novik_ir70@rambler.ru