

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «DIALUX-LG» В РАСЧЕТАХ ПРОЕКТА КОМБИНИРОВАННОГО ОСВЕЩЕНИЯ БЫТОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ АО «СОКОЛЬСКИЙ ЦБК»

УДК: 004:69:658.014.011.56(075.8)

DOI: 10.47055/1990-4126-2022-3(79)-12

Плешков Сергей Юрьевич

кандидат экономических наук, доцент кафедр гидравлики,

Институт строительства и архитектуры,

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

Россия, Екатеринбург, e-mail: psj-5@yandex.com

Бракале Дженнаро

Доктор физических наук, доктор физико-механических наук.

Президент компании Solarspot International SRL,

Италия, Коккуио-Тревизаго, Варезе, Ломбардия, e-mail: info@solarspot.it

Аннотация

В последнее время в наш обиход прочно вошли понятия «пассивное строительство» и «устойчивая архитектура». С этими понятиями мы уяснили, что в «пассивной устойчивой архитектуре» здание проектируется так, чтобы минимизировать не только расходуемые на его эксплуатацию энергоресурсы, но и потребности в механическом управлении звуком, светом и теплом. Кроме того, важнейшее значение приобрели процессы автоматизации проектирования в энергоэффективном строительстве. И, если проектирование строительных конструкций уже довольно давно сопровождается использованием современных расчетных программ, то проектирование инсоляции – неотъемлемой части архитектуры и строительной светотехники – не имеет такой мощной поддержки в виде расчетных компьютерных программ.

В данной работе мы представляем собственный разработанный расчетный комплекс, позволяющий рассчитывать освещенность внутренних помещений энергоэффективными светотехническими системами на основе полых трубчатых световодов. Расчетный комплекс уникален, поскольку не имеет аналогов в мире. Он информативно иллюстрирует произведенные расчеты с помощью полноценного 3D-вида освещенного помещения и графического изображения распределения световой энергии по заданной поверхности. Расчетный комплекс представлен на практическом примере проектирования комбинированного освещения в бытовых помещениях целлюлозно-бумажного комбината Вологодской области.

Ключевые слова:

энергоэффективные светотехнические системы, зеркализованные полые трубчатые световоды, автоматизированный расчет освещенности

APPLICATION OF "DIALUX-LG" SOFTWARE COMPLEX IN CALCULATIONS OF COMBINED LIGHTING DESIGN FOR RESIDENTIAL PREMISES OF SOKOLSKY PULP AND PAPER MILL JSC

УДК: 004:69:658.014.011.56(075.8)

DOI: 10.47055/1990-4126-2022-3(79)-12

Pleshkov Sergey Yu.

PhD. (Economics), Associate Professor, Department of Hydraulics.

Institute of Civil Engineering and Architecture,

Ural Federal University.

Russia, Yekaterinburg, e-mail: psj-5@yandex.com

Bracale Gennaro

Dr. in Phys.Sc. (Physical-Mechanical Engineering).

President, Solarspot International SRL,

Italy, Cocquio Trevisago, Varese, Lombardia, e-mail: info@solarspot.it

Abstract

Recently, the concepts of "passive construction" and "sustainable architecture" have firmly entered our everyday life. With these concepts, we understood that in the "passive stable architecture" the building is designed to minimize not only the

energy resources spent on its operation, but also the need for mechanical control of sound, light and heat. In addition, design automation processes in energy-efficient construction have become essential. And, if the design of building structures has long been accompanied by the use of modern calculation programs, then the design of insulation - an integral part of architecture and construction lighting engineering - does not have such powerful support in the form of calculation computer programs.

In this work, we present our own developed design complex, which makes it possible to calculate the illumination of internal premises with energy-efficient lighting systems based on hollow tubular light guides. The settlement complex is unique, since it has no analogues in the world. He informatively illustrates the calculations made using a full 3D view of the illuminated room and a graphic image of the distribution of light energy over a given surface. The design complex is presented on the practical example of designing combined lighting in domestic premises of the pulp and paper mill of the Vologda region.

Keywords:

energy-efficient lighting systems, mirrored hollow tubular light guides, automated illumination calculation

Введение

На современном этапе степень важности применения передовых информационных технологий в сферах архитектуры и строительства понимают даже учащиеся средней школы. В мире автоматизированные системы проектирования имеют широчайшее использование. Такие расчетные комплексы, как «Мономах», «ANSYS», «SCAD», «Лира-СОФТ», «Autodesk Robot Structural Analysis Professional», «APM Civi IEngineering», «ПК STARK ES», «Autodesk Architectural Desktop», «Autodesk Building Systems», «Autodesk Architectural Studio» и некоторые другие, существенно повышают качество проектных работ, снижают материальные затраты, сокращают сроки проектирования, увеличивают производительность труда инженерно-технических работников, а также дают возможность на основе новейших достижений фундаментальных наук совершенствовать методологию этого процесса, стимулировать развитие математической теории проектирования сложных систем и объектов.

Однако при проектировании новых жилых, административных и промышленных зданий инженеры не ограничиваются расчетом прочности и устойчивости строительных конструкций. Современное представление о комфорте в здании немислимо без профессионального проектирования освещения. Причем, не учитывать такой гигиенический фактор, как инсоляцию, влияющую на самочувствие, настроение человека и его циркадные ритмы, абсолютно недопустимо! В России инсоляция жилых помещений регламентируется соответствующими нормативами. Расчеты наружного и внутреннего освещения искусственными источниками света специалисты производят с помощью общедоступной программы «DIALux», принадлежащей немецкой компании DIAL GmbH. Возможность интегрирования баз данных электрических светильников от многих мировых производителей в указанную программу делают ее очень функциональной.

Изучая исследования специалистов России и остального мира, связанные с расчетами освещенности помещений, мы убедились, что таких научных работ немного. В первую очередь, вызывает интерес исследование профессора А.К. Соловьева [1]. В своей работе он приводит методику расчета естественного внутреннего освещения с использованием полых трубчатых световодов, проводящих естественный свет с оболочки зданий в их помещения на нижних этажах и в подвалах. Здесь также дается оценка их энергетической эффективности. В статье [2] дается оценка новых предложений по расчетам КЕО помещений с системой верхнего естественного света с учетом определенного светотехнического влияния окружающей застройки. Данные о методике расчета систем естественного освещения с использованием световодов приведены в работе [3], а в статье [4] представлены данные о результатах замеров освещенности от световодов в офисах «Пассажирский порт Санкт-Петербург: морской фасад» и сравнения расчетных данных с результатами полевых измерений. Наши зарубежные коллеги также интенсивно работают по рассматриваемой тематике. В работе [5] рассматривается проект освещения здания типовой греческой школы (с нулевой энергией), в котором используются светодиодные светильники постоянного тока и системы сбора дневного света. Расчеты показали, что такой проект помог снизить годовое потребление первичной энергии с 90,5 кВт·ч/м² до 0,55 кВт·ч/м². В результате исследования [6] выявлена важность расчетных параметров дневного освещения и компетентность стандарта EN 15193-1: 2017 путем внедрения актуализированной методологии. Изучая статью [7], мы можем познакомиться с технико-экономическим анализом энергоэффективного проекта по модернизации освещения на заводе по производству бумажных и картонных коробок в Северном Израиле. Успешное проектирование энергосберегающего освещения с использованием систем транспортирования солнечного света позволило получить инвестиционную программу для этих целей и ожидаемую финансовую отдачу проекта. Дизайн-проект, предложенный в статье [8], позволил не только кардинально изменить внутреннюю атмосферу кафе одного из аэропортов России за счет использования естественного солнечного и рассеянного света, но и существенно сэкономить энергозатраты, связанные с непрерывным потреблением энергии искусственного освещения и кондиционирования воздуха летом, а также способствовал улучшению психологического комфорта людей и сохранению природной среды. В работе [9] мы имеем возможность познакомиться с разработкой методологии оценки систем естественного освещения

помещений, которая основана на построении двух испытательных сред реального размера, которые будут подвергаться воздействию естественной световой системы. Данные, полученные в испытательной среде, изучены в свете значений солнечной радиации, полученных от цифровой метеорологической станции, что позволяет определить мощность освещения систем в разное время года.

Подводя итог обзору научной литературы, мы констатируем, что в рассмотренных и других научных исследованиях, кроме работы [8], программные комплексы для расчетов естественного освещения жилых, производственных и административных помещений не применялись. В связи с чем мы представляем свой проект комбинированного освещения бытовых помещений целлюлозного цеха Сокольского ЦБК (Вологодская область, Россия), в расчетах которого был применен усовершенствованный нами программный комплекс, не имеющих аналогов в мире.

1. Техническое обоснование применения разработанной принципиальной схемы совмещенного освещения

Усовершенствованный программный комплекс мы назвали «DIALux-Ig», поскольку он имеет в своей основе расчетную платформу «DIALux» немецкой компании «DIAL GmbH». Приставка «Ig» в названии от англ. «lightguide – световод». В программу DIALux была интегрирована соответствующая информация, позволившая производить расчеты освещенности любой сложности от энергоэффективных светотехнических систем на основе зеркализованных полых трубчатых световодов, расположенных в зданиях не только вертикально, но и горизонтально, что было доказано в проекте [10]. При расчетах освещенности наша программа учитывает цвет и текстуру поверхности стен, потолков и пола помещения, интерьер и его геометрические параметры. Расчетный комплекс прекрасно иллюстрирует выполненные расчеты с помощью полноценного общего 3D-вида освещенного помещения и графического изображения распределения световой энергии по заданной поверхности, что мы и покажем в данной работе.

1.1. Исходные данные. Техническое задание на проектирование

Заказчиком Акционерное общество «Сокольский целлюлозно-бумажный комбинат» (далее АО «Сокольский ЦБК») было предложено спроектировать систему комбинированного освещения трех бытовых помещений (рис. 1) для рабочего персонала целлюлозного цеха:

- комната для переодевания «мужская», на схеме позиция 407;
- комната для переодевания «женская», на схеме позиция 402;
- помещение для приема пищи, на схеме позиция 411.

Разрез здания целлюлозного цеха показан на рис. 2.

1.2. Основные технические решения проекта и их обоснование

С целью повышения физического и психологического комфорта сотрудников целлюлозного цеха, постоянно находящихся в здании в течение рабочей смены (круглосуточный цикл), а также с целью ежедневной экономии электроэнергии мы предложили к применению в бытовых помещениях целлюлозного цеха, не имеющих прямого доступа естественного дневного света, светотехнические системы на основе зеркализованных полых трубчатых световодов итальянской компании «Solarspot International S.R.I.». Системы укомплектованы датчиками освещенности (интенсивности света), позволяющие не контролировать включение и выключение светодиодной подсветки, входящей в состав системы, при наступлении темноты или светлого времени суток.

Для равномерной освещенности поверхности пола, скамеек, мебели и стен бытовых помещений мы предложили следующую структуру и цветовую палитру внутренних поверхностей бытовых помещений:

- отражающую способность для потолка – 50% (могут быть использованы, например, цвета «светлое дерево» (фактор отражения 52%), «шафрановый желтый» (RAL 1017¹, 51%) и др.);
- 30% – для стен, например, цвет «желтой охры» (33%);
- 10% – для пола, например, «зеленая трава» (15%).

«Фактор использования» (UF) найдем из таблицы официального отчета CIE 173:2006 Технического комитета TC3.38 «Трубчатые световодные системы» Международной комиссии по освещению, учитывая при этом значение индекса помещения (R.I.) и отражающую способность внутренних поверхностей; он будет равен 0,80. Расчеты естественного освещения в городе Сокол Вологодской области (59°27'46.27" с.ш. и 40°7'10.8" в.д.) мы производили для светового климата населенного пункта Михалицы, по которому имеются сведения европейской базы данных естественного и солнечного света «SATEL-LIGHT» [11], наиболее близко расположенному к Вологодской области. При этом будем учитывать облачность в районе города Вологды (табл. 2), число ясных, облачных и пасмурных дней (табл. 1).

Таблица 1
Количество ясных, облачных и пасмурных дней в Вологодской области [12]

Категория облачности	По месяцам												Год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
Общая облачность													
Ясно	2	2	3	3	2	1	1	1	1	1	1	1	19
Облачно	9	10	13	15	18	18	20	18	15	10	7	7	160
Пасмурно	20	16	15	12	11	11	10	12	14	20	22	23	186
Нижняя облачность													
Ясно	9	11	13	12	9	7	8	7	6	5	5	8	100
Облачно	15	12	14	15	20	20	21	21	19	16	12	13	198
Пасмурно	7	5	4	3	2	3	2	3	5	10	13	10	67

В качестве нормативной для бытовых помещений принимаем освещенность в 200 лк в соответствии с данными табл.7 национального стандарта РФ [13]. В связи с ограничениями по объему публикуемого научного материала мы представим расчеты, выполненные в расчетном комплексе «DIALux-Ig», только для помещения для приема пищи сотрудников целлюлозного цеха.

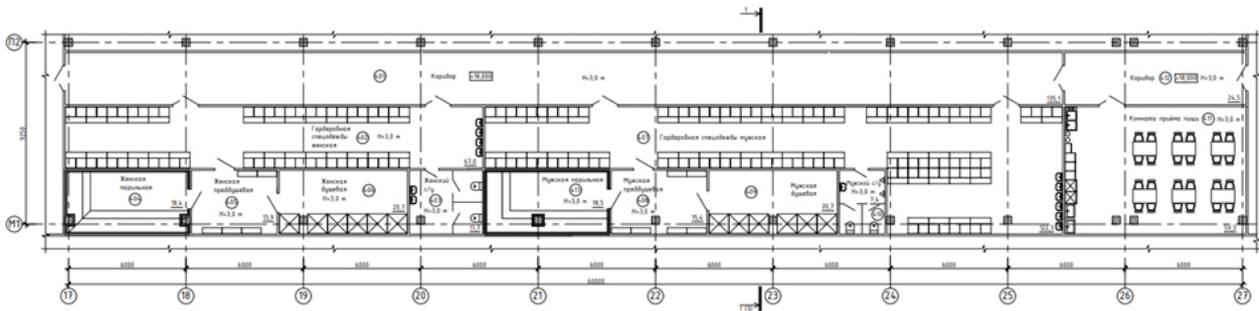


Рис. 1. Общая схема бытовых помещений для рабочего персонала целлюлозного цеха АО «Сокольский ЦБК». Схема выполнена заказчиком проекта

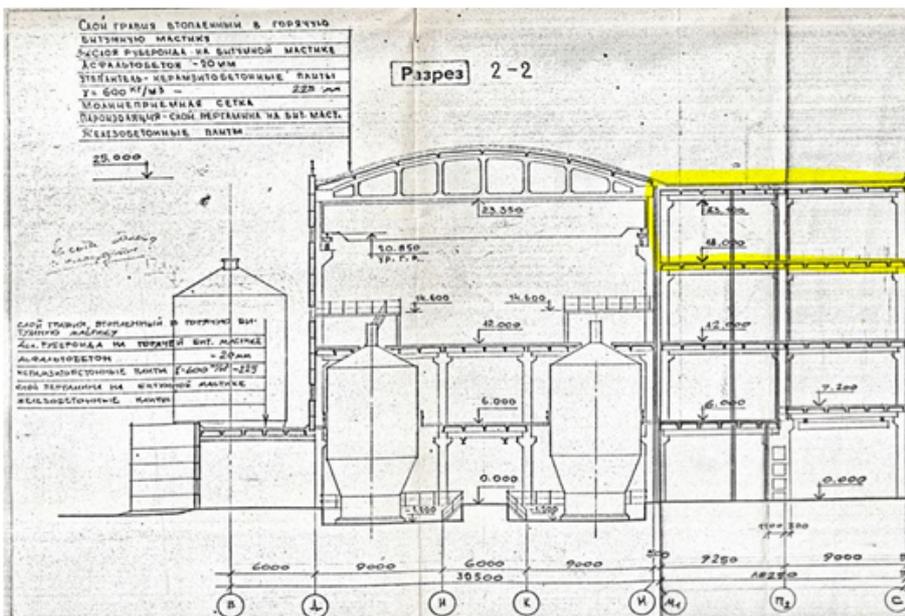


Рис. 2. Разрез здания целлюлозного цеха АО «Сокольский ЦБК». Бытовые помещения, в которых необходимо спроектировать комбинированное освещение, выделены желтым маркером. Схема выполнена заказчиком проекта

Таблица 2

Оценка облачности (в баллах) в Вологодской области [12]

Вид облачности	По месяцам												Год
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
Общая	8,2	7,6	7,0	6,7	6,6	6,8	6,5	6,8	7,5	8,1	8,6	7,4	7,3
Нижняя	4,6	3,9	3,4	3,5	3,7	4,0	3,7	4,2	4,8	6,0	6,4	5,4	4,5

Помещение для приема пищи сотрудниками целлюлозного цеха имеет следующие размеры: длина 9 м, ширина 6 м, высота подвесных потолков 3 м. Полученные результаты проиллюстрированы на рис. 3, 4, 5 и в табл. 3, 4, 5. Нормативное требование для столовых в соответствии с документом [13] 200 лк. Исходя из этого нами рассчитано светотехническое оборудование с учетом местных климатических условий (освещенность смоделирована на 25–30% выше нормативной, как и для гардеробных).

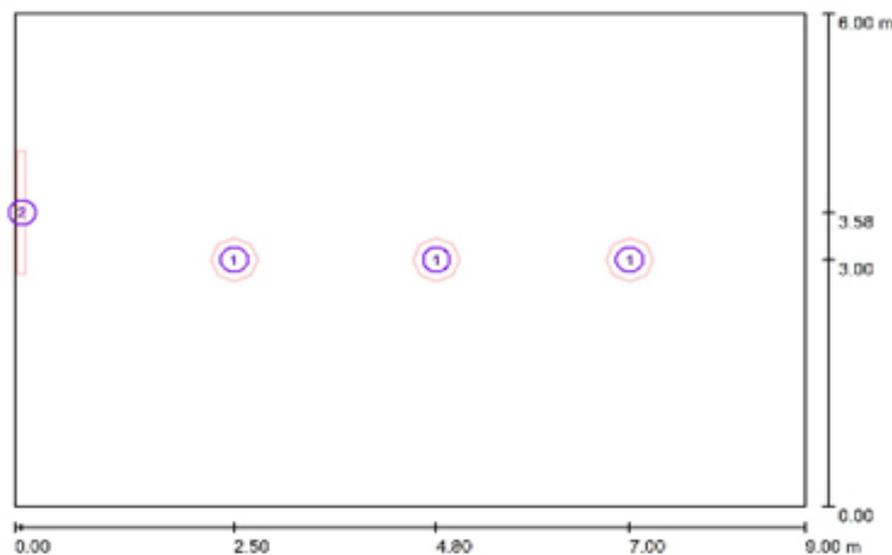


Рис. 3. План расположения световодов диаметром 530 мм (на схеме обозначены позицией 1) и щелевого световода (на схеме обозначен позицией 2) в помещении для приема пищи. Масштаб 1:65. Схема смоделирована в программе DIALux-Ig

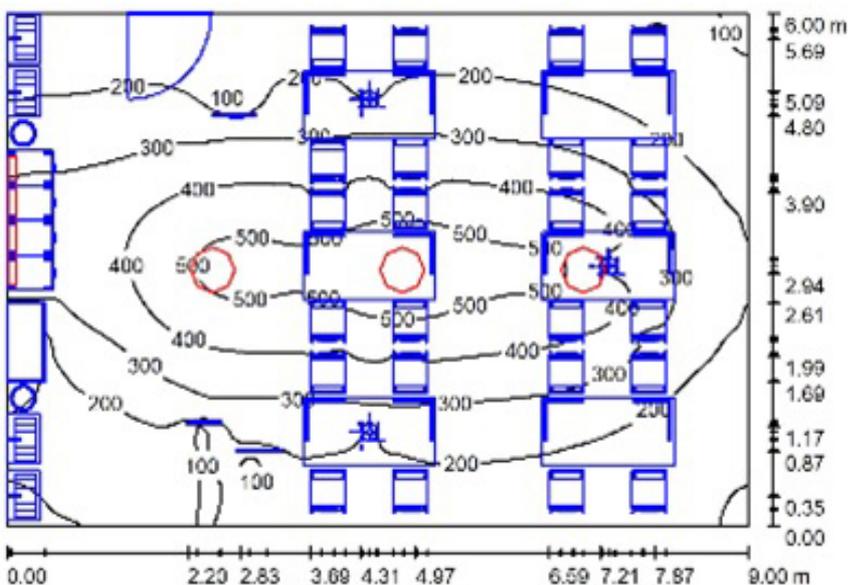


Рис. 4. График значений освещенности в помещении для приема пищи, лк. Масштаб 1:78. Расчеты выполнены в программе DIALux-Ig

Таблица 3

Светотехнические результаты расчетов освещенности комнаты для приема пищи, лк

Общий световой поток	21552 лм
Общая мощность	25 Вт
Коэффициент эксплуатации	0,80
Равномерность на рабочей плоскости (80 см)	$E_{min}/E_{cp}=0,206$ (1:5)
	$E_{min}/E_{max}=0,102$ (1:10)

Таблица 4

Светотехнические результаты расчетов освещенности комнаты для приема пищи, лк

Поверхность	Средняя освещенность, лк			Коэффициент отражения, %
	Напрямую	Опосредованно	Всего	
Рабочая плоскость	216	59	275	-
Полы	113	43	156	20
Потолок	0,00	74	74	70
Стенка 1	64	50	114	50
Стенки 2	76	52	127	50
Стенка 3	68	52	120	50
Стенка 4	102	50	152	50

Таблица 5

Светотехнические результаты расчетов освещенности комнаты для приема пищи, лк

Поверхность	Коэффициенты отражения, %	E_{cp} , лк	E_{min} , лк	E_{max} , лк
Рабочая плоскость (0,85 м)	-	275	57	556
Полы	20	156	23	338
Потолок	70	74	40	445
Стенки (4)	50	126	12	3861

Примечание. Высота помещения 3,00 м; монтажная высота 3,00 м; коэффициент эксплуатации 0,80.



Рис. 5. Общая 3D-визуализация освещения комнаты для приема пищи целлюлозного цеха учетом монтажа щелевого световода над хозяйственной зоной. Схема смоделирована в программе DIALux-Ig

1.3. Техническое описание «щелевого световода», устанавливаемого в помещении для приема пищи и над зеркалами в женской гардеробной

«Щелевой световод» представляет собой комбинированную систему, состоящую из следующих составных частей (рис. 6).

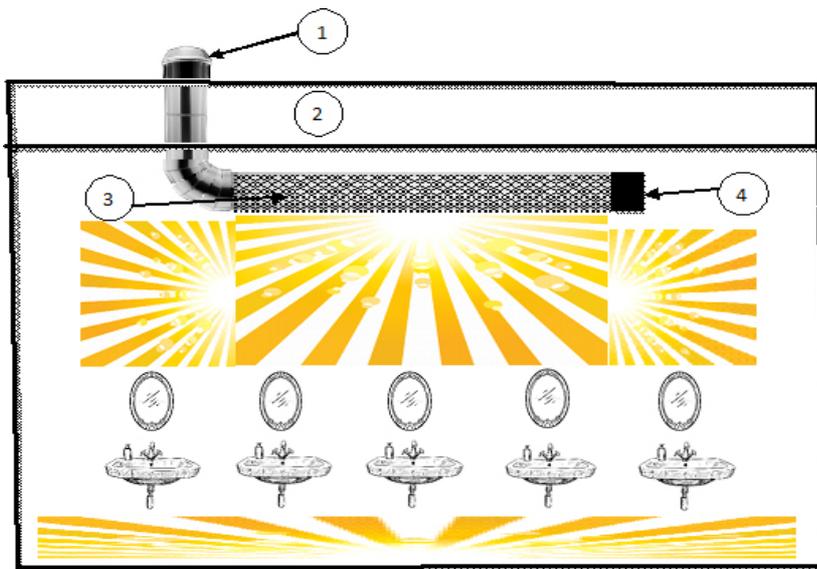


Рис. 6. Схема расположения «щелевого световода» в женской гардеробной (аналогичная конструкция устанавливается в комнате для приема пищи над «хозяйственной зоной»).

Схема смоделирована авторами

Условные обозначения:

1 – светозахватывающее устройство световода (коллектор);

2 – пространство между крышей и подвесным потолком;

3 – труба («щелевой световод»), длиной 1,5 м, диаметром от 200

(в этом случае между угловым адаптером световода и пластиковой трубой ставится переходник-конфузор) до 350 мм из полупрозрачного АБС-пластика (MABS)², подробное описание на рис. 7;

4 – электронный блок, состоящий из пяти светодиодных светильников, по 15 Вт каждый

(включается в работу при естественном освещении, ниже нормативного уровня, а также в вечерне-ночной период суток).

Желтые сектора показывают распространение солнечного света в пространстве под «щелевым световодом».

Коллектор соединен со светопрозрачной трубой (щелевым световодом) отрезком алюминиевого трубопровода, толщиной 0,5 мм, покрытого внутри многослойной диэлектрической микропризматической пленкой VEGALUX™, состоящей из полимерных оптических стеков, зеркальный коэффициент отражения которых равен 99,85% (этот материал используется в качестве внутреннего покрытия трубопроводов световодов «SolarSpotInternational S.R.L.»). Тонкопленочное покрытие формирует резонансный интерференционный стек и обеспечивает высокий коэффициент отражения для проникающих в коллектор солнечных лучей.



Рис. 7. Схема «щелевого световода» (в поперечном сечении). Схема смоделирована авторами

Условные обозначения:

1 – сектор из светоотражающей пластины, толщиной 0,5 мм (зеркальный коэффициент отражения 98,5%; изготавливается путем изгиба светоотражающей пластины VEGALUX™ под необходимый диаметр);

2 – сектор из полупрозрачного АБС-пластика (MABS), через который многократно отраженные световые лучи попадают в помещение; изготавливается либо путем отливки по необходимому диаметру, либо путем удаления (фрезой) сектора готовой трубы;

3 – место стыковки светоотражающей пластины и светопроводящего пластика; стыковка производится с помощью заклепок

На «дно» щелевого световода, за светодиодными светильниками (позиция 4 на рис. 6) крепится диск диаметром от 200 до 350 мм из указанного светоотражающего материала; он также будет отражать световые лучи, перенаправлять их обратно в полость «щелевого световода», усиливая создаваемую естественную освещенность. Предлагаемая конструкция позволяет до 75–80% световой энергии перенаправить в помещение.

2. Краткое экономическое обоснование применения разработанной принципиальной схемы совмещенного освещения в сравнении с альтернативными схемами освещения

Для проведения сравнительного экономического анализа нами был выполнен проект освещения рассмотренных помещений традиционными источниками искусственного света. В качестве базового рассматривался светильник люминесцентный «ЛПО 4x18-CSVT/OPAL-R», накладной, опаловый, ЭПРА со стоимостью по состоянию на 16 июня 2022 г. 3127 руб., с гарантированной нормальной эксплуатацией в течение 1 года.

При производстве расчетов были учтены:

- относительно высокая начальная стоимость светотехнических систем на основе полых трубчатых световодов, крайне низкие затраты на их эксплуатацию, длительный (40–50 лет) срок службы без проведения ремонтов и замен отдельных блоков;
- устойчивая тенденция удорожания энергетических ресурсов в Российской Федерации и во всем мире;
- инфляционные процессы в экономике России;
- нестабильный курс национальной российской валюты.

В результате был определен срок окупаемости смоделированных систем освещения с использованием светотехнических систем на основе полых трубчатых световодов. Он составляет примерно 5–6 лет.

3. Декларация о конкурирующих интересах

Авторы заявляют, что у них нет известных конкурирующих финансовых интересов или личных отношений, которые могли бы повлиять на сведения, представленные в этой статье.

4. Выводы по результатам проектирования комбинированной системы освещения

1. Разработанный программный комплекс «DIALux-Ig» позволяет оперативно производить расчеты освещенности любых внутренних помещений с минимальной коррекцией (0,5–1,5%) от действительных результатов измерений, где в качестве источников света используются светотехнические системы на основе зеркализованных полых трубчатых световодов. Программа также детально иллюстрирует все смоделированные технические решения.

2. Долгосрочные инвестиции в энергоэффективное строительство (освещение помещений с помощью инновационных технологий) рентабельны в условиях российской экономики и климата.

3. Разработанные комплексные архитектурно-конструктивные решения с применением светотехнических систем компании «SolarspotInternationalS.R.I.» обеспечивают требуемые российскими нормативными документами параметры микроклимата внутренней среды, и, как следствие, комфортность условий работы сотрудникам АО «Сокольский ЦБК».

4. По светотехническим параметрам представленный проект не уступает альтернативным проектам, не содержащим в своем составе зеркализованные полые трубчатые световоды, и существенно превосходит их в энергосбережении, в спектральном воздействии на циркадные ритмы человека, в степени создания комфорта и уюта в помещениях с постоянным присутствием людей.

Примечания

¹ RAL – международная система (стандарт разработан в 1927 г.) соответствия цветов, востребованная практически во всех отраслях. Стандарт имеет доминирующее положение в промышленности, торговле, архитектуре и дизайне.

² MABS – светопрозрачный материал, имеющий большую прочность (твердость по Роквеллу, шкала М (ASTM D785) – 100-115), жесткость и химическую стойкость (температура размягчения под нагрузкой 85-90°C (ASTM D256)); ударная вязкость по Изоду 10-20 кг/см² (ASTM D256)) и прекрасное светопропускание (88% (ASTM D1003)).

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Соловьев, А.К. Полые трубчатые световоды и их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии / А.К. Соловьев // Светотехника. – 2011. – № 5. – С. 41–47.
2. Стецкий, С.В., Ларионова, К.О. Расчет естественной освещенности помещений с системой верхнего естественного освещения с учетом светотехнического влияния окружающей застройки [Электронный ресурс] / С.В. Стецкий, К.О. Ларионова. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-estestvennoy-osveschennosti>

- pomescheniy-s-sistemoj-verhnego-estestvennogo-osvescheniya-s-uchetom-svetotekhnicheskogo/viewer (дата обращения 04.07.2022).
3. Калеев, А.В. Применение полых трубчатых световодов для естественного освещения зданий в России / А.В. Калеев // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие». Материалы международных научных конференций. – СПб., 2020. – С. 87–89.
 4. Столяров, М. Применение полых трубчатых световодов для естественного освещения зданий в России [Электронный ресурс] / М. Столяров. – URL: <https://studylib.ru/doc/2735228/primenenie-polyh-trubchatyh-svetovodov-dlya-estestvennogo?ysclid=I59im8v2dw331789176>
 5. Doulos, L.T. Minimizing energy consumption for artificial lighting in a typical classroom of a Hellenic public school aiming for near Zero Energy Building using LED DC luminaires and daylight harvesting systems [Электронный ресурс] / L.T. Doulos, A. Kontadakis, E.N. Madias, M. Sinou, A. Tsangrassoulis // Energy and Buildings. July.2019. – Vol. 194. – P. 201–217. – URL: https://ezproxy.urfu.ru:2074/record/display.uri?eid=2-s2.0-85064506956&origin=recordpage&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
 6. Kilic, ZehraAybike; Harputluoglu, ElifRaner; Yener, AlpinKoknel. Effect of Daylight Related Parameters on Lighting Energy Performance According to en 15193-1:2017. 6-th Junior Conference on Lighting, Lighting 2021 – Proceedings2021, Gabrovo. 23 September 2021 - 25 September 2021. [Электронный ресурс] – URL: https://ezproxy.urfu.ru:2074/record/display.uri?origin=recordpage&zone=relatedDocuments&eid=2-s2.0-85123282195&noHighlight=false&relpos=1&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
 7. Roitman, M. Energy Efficiency in a Cardboard Manufacturing Plant [Электронный ресурс] / M. Roitman, R. Leschenko, M. Iskhakov // Technical and Economic Analysis. 2018 IEEE Conference on Technologies for Sustainability, SusTech 2018 Long Beach, 11 November 2018 – 13 November 2018. – URL: https://ezproxy.urfu.ru:2074/record/display.uri?eid=2-s2.0-85063947864&origin=resultslist&sort=r-f&src=s&mltEid=2-s2.0-85056500192&mltType=key&imp=t&sid=9cb7434daaee43d2b612d7f053bd6bd1&sot=mlt&dt=mlt&sl=112&s=TITLE-ABS-KEY%28%28%22Energy+conservation%22%29+OR+%28%22Energy+efficiency%22%29+OR+%28%22Lighting%22%29%29+AND+NOT+EID+%282-s2.0-85056500192%29&relpos=2&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
 8. Pleshkov, S., Bracale G., Ibragimov I., Vedishcheva I. Solving Air Conditioning Problems in a Design Project Using Energy-Efficient Daylighting Systems Based on Hollow Tubular Light Guides [Электронный ресурс] / S. Pleshkov, G. Bracale, I. Ibragimov, I. Vedishcheva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, volume 753, release 55. March 2020. International Science and Technology Conference on FarEastCon-2019, Vladivostok, October 2019. – URL: https://ezproxy.urfu.ru:2074/record/display.uri?eid=2-s2.0-85082136097&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=calculation+of+hollow+tubular+light+guides&sid=1b88f55c704ab68fe801ef1f1457388e&sot=b&sdt=b&sl=57&s=TITLE-ABS-KEY%28calculation+of+hollow+tubular+light+guides%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
 9. Spacek, A.D., Neto J.M., Bilessimo L.D., Ando O.H., De Freitas Neto G.P., Giansella R.D.S., De Santana M.V.F., Malfatti, Celia De Fraga. Proposal for an experimental methodology for evaluation of natural lighting systems applied in buildings [Электронный ресурс] / A.D. Spacek, J.M. Neto, L.D. Bilessimo, O.H. Ando, De Freitas Neto G.P., Giansella R.D.S., De Santana M.V.F., Malfatti, Celia De Fraga [Электронный ресурс] // Energies, volume 10, release 7. July 2017. – URL: https://ezproxy.urfu.ru:2074/record/display.uri?origin=recordpage&zone=relatedDocuments&eid=2-s2.0-85044321964&citeCnt=1&noHighlight=false&sort=plf-f&src=s&st1=calculation+of+hollow+tubular+light+guides&sid=1b88f55c704ab68fe801ef1f1457388e&sot=b&sdt=b&sl=57&s=TITLE-ABS-KEY%28calculation+of+hollow+tubular+light+guides%29&relpos=2&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
 10. Плешков, С.Ю. Дизайн-проект совмещенного освещения коворкинг-зоны молодежного центра в г. Милане с применением зеркализированных полых трубчатых световодов / С.Ю. Плешков, Дж. Бракале, А.Л. Кузнецов [Электронный ресурс] // Светотехника. № 3. 2022. С. 51-58. URL: <https://i-e-journal.com/journals/zhurnal-svetotekhnika-3-2022/zhurnal-svetotekhnika-3-2022-pechatnaya-versiya/?ysclid=I5at34ue1i588634345>
 11. Университет Бергена. Сател-лайт [Электронный ресурс]. – URL: Сател-лайт | метеорологии УиБ (uib.no)
 12. Климатические таблицы. Данные для Вологды [Электронный ресурс]. – URL: Климат Вологды - Погода и климат (pogodaiklimat.ru)
 13. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. Национальный стандарт РФ. Таблица 7: помещения для отдыха, санитарно-бытовые помещения, здравпункты [Электронный ресурс]. – URL: ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений от 08 ноября 2013 - docs.cntd.ru

REFERENCES

1. Soloviev, A.K. (2011). Hollow tubular light guides and their use for natural lighting of buildings and energy saving. *Lighting Engineering*, No. 5, p. 41-47. (in Russian)
2. Stetsky, S.V., Larionova, K.O. (2015). Calculation of natural illumination of premises with an upper natural light system taking into account the lighting and technical influence of the surrounding buildings. *MGSU Bulletin*. [Online], Volume 12, pp. 21-23. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-estestvennoy-osveschennosti-pomescheniy-s-sistemoy-verhnego-estestvennogo-osvescheniya-s-uchetom-svetotekhnicheskogo/viewer> [Accessed of 4 July 2022]. (in Russian)
3. Kaleev, A.V. (2020). Use of hollow tubular light guides for natural lighting of buildings in Russia. In: Collection of selected articles based on the materials of scientific conferences of the National Research Institute "National Development." Proceedings of international scientific conferences. Publishing house: Private scientific and educational institution of additional professional education Humanitarian National Research Institute "National Development" (St. Petersburg). Conference: Technical and Natural Sciences. Security: information, technology, management. St. Petersburg, pp. 87-89. (in Russian)
4. Stolyarov, M. (2012). Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym. [online]. Use of hollow tubular light guides for natural lighting of buildings in Russia. Available at: <https://studylib.ru/doc/2735228/primenenie-polyh-trubchatyh-svetovodov-dlya-estestvennogo?ysclid=l59im8v2dw331789176> [accessed of 6 July 2022]. (in Russian)
5. Doulos, L.T., Kontadakis, A., Madias, E.N., Sinou, M., Tsangrassoulis, A. (2019). Minimizing energy consumption for artificial lighting in a typical classroom of a Hellenic public school aiming for near Zero Energy Building using LED DC luminaires and daylight harvesting systems. *Energy and Buildings*, [Online], volume 194, pages 201 – 217. Available at: https://ezproxy.urfu.ru:2074/record/display.uri?eid=2-s2.0-85064506956&origin=recordpage&featureToggles=FEAT_URE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1 [Accessed of 7 July 2022].
6. Kilic, Zehra Aybike; Harputluoglu, Elif Raner; Yener, Alpin Koknel. (2021). Effect of Daylight Related Parameters on Lighting Energy Performance According to en 15193-1:2017. 6th Junior Conference on Lighting, Lighting 2021 – Proceedings 2021, Gabrovo. 23 September 2021 - 25 September 2021. [Online]. Available at: https://ezproxy.urfu.ru:2074/record/display.uri?origin=recordpage&zone=relatedDocuments&eid=2-s2.0-85123282195&noHighlight=false&relpos=1&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1 (Accessed 07.07.2022).
7. Roitman, M. Energy Efficiency in a Cardboard Manufacturing Plant [Электронный ресурс] / M. Roitman, R. Leschenko, M. Iskhakov // Technical and Economic Analysis. 2018 IEEE Conference on Technologies for Sustainability, SusTech 2018 Long Beach, 11 November 2018 – 13 November 2018. – URL: https://ezproxy.urfu.ru:2074/record/display.uri?eid=2-s2.0-85063947864&origin=resultslist&sort=r-f&src=s&mltEid=2-s2.0-85056500192&mltType=key&imp=t&sid=9cb7434daaee43d2b612d7f053bd6bd1&sot=mlt&sdt=mlt&sl=112&s=TITLE-ABS-KEY%28%28%22Energy+conservation%22%29+OR+%28%22Energy+efficiency%22%29+OR+%28%22Lighting%22%29%29+AND+NOT+EID+%282-s2.0-85056500192%29&relpos=2&citeCnt=0&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
8. Pleshkov, S., Bracale G., Ibragimov I., Vedishcheva I. Solving Air Conditioning Problems in a Design Project Using Energy-Efficient Daylighting Systems Based on Hollow Tubular Light Guides [Электронный ресурс] / S. Pleshkov, G. Bracale, I. Ibragimov, I. Vedishcheva // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, volume 753, release 55. March 2020. International Science and Technology Conference on FarEastCon-2019, Vladivostok, October 2019. – URL: https://ezproxy.urfu.ru:2074/record/display.uri?eid=2-s2.0-85082136097&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=calculation+of+hollow+tubular+light+guides&sid=1b88f55c704ab68fe801ef1f1457388e&sot=b&sdt=b&sl=57&s=TITLE-ABS-KEY%28calculation+of+hollow+tubular+light+guides%29&relpos=0&citeCnt=1&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
9. Spacek, A.D., Neto J.M., Bilessimo L.D., Ando O.H., De Freitas Neto G.P., Giansella R.D.S., De Santana M.V.F., Malfatti, Celia De Fraga. Proposal for an experimental methodology for evaluation of natural lighting systems applied in buildings [Электронный ресурс] / A.D. Spacek, J.M. Neto, L.D. Bilessimo, O.H. Ando, De Freitas Neto G.P., Giansella R.D.S., De Santana M.V.F., Malfatti, Celia De Fraga [Электронный ресурс] // *Energies*, volume 10, release 7. July 2017. – URL: https://ezproxy.urfu.ru:2074/record/display.uri?origin=recordpage&zone=relatedDocuments&eid=2-s2.0-85044321964&citeCnt=1&noHighlight=false&sort=plf-f&src=s&st1=calculation+of+hollow+tubular+light+guides&sid=1b88f55c704ab68fe801ef1f1457388e&sot=b&sdt=b&sl=57&s=TITLE-ABS-KEY%28calculation+of+hollow+tubular+light+guides%29&relpos=2&featureToggles=FEATURE_NEW_DOC_DETAILS_EXPORT:1
10. Pleshkov, S.Yu., Bracale, G., Kuznetsov, A.L. (2022). Design project of combined lighting of the co-working area of the youth center in Milan using mirrored hollow tubular light guides. *Lighting Engineering*, Vol. 3, pp. 51-58. Available at: <https://e-journal.com/journals/zhurnal-svetotekhnika-3-2022/zhurnal-svetotekhnika-3-2022-pechatnaya-versiya/?ysclid=l5at34ue1i588634345> [Accessed of 7 July 2022]. (in Russian)

11. University of Bergen. Meteorology. [Online]. Available at: URL <https://www.uib.no/en/rg/meten/54530/satel-light> [Accessed of 14 June 2022].
12. Climate tables. Data for Vologda. [Online]. Available at: URL <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/27037.htm?> [Accessed of 14 June 2022]. (in Russian)
13. Electronic fund of legal and regulatory technical documents. Lighting of workplaces inside buildings. Measurement standards and methods. National Standard of the Russian Federation. Table 7: Recreation Facilities, Sanitary Facilities, Health Centers. [Online]. Available at: URL <https://docs.cntd.ru/document/1200105707?ysclid=17g2tnkly578487944> [Accessed of 17 June 2022]. (in Russian)



Лицензия Creative Commons

Это произведение доступно по лицензии Creative Commons "Attribution-ShareAlike" ("Атрибуция - на тех же условиях"). 4.0 Всемирная

Дата поступления: 26.07.2022