

Технология Solatube®: перспективы в архитектуре и строительстве в России

А. Т. ОВЧАРОВ¹, Ю. Н. СЕЛЯНИН

ООО «Световые системы», Томск, и ООО «Солар», Краснодар

Аннотация

Рассмотрены системы естественного освещения Solatube® Daylighting Systems в контексте решения задач энергосбережения в освещении и формирования световой среды высокого качества. Описана новая модель с высокими потребительскими параметрами, представленная в качестве перспективного технического решения задач эффективного естественного освещения помещений большой площади с высокими (6–30 м) потолками.

Ключевые слова: полые трубчатые световоды, естественное освещение, энергосбережение.

Эффективное использование естественного света в зданиях рассматривается как мощный резерв энерго- и ресурсосбережения. Вектор общемировых тенденций в освещении направлен на комфортную световую среду и дальнейший рост производства и потребления световой энергии. При этом избежать конфликт между стремлением человека к световому комфорту и энергетическим кризисом можно лишь путём безальтернативного перехода на энергосберегающие технологии, на использование альтернативных источников энергии [1, 2]. Здесь актуальны техника и технологии использования естественного света, ярким представителем которых являются осветительные системы (ОС) с полыми трубчатыми световодами (ПТС).

ОС с ПТС в России постепенно начинают утверждаться как эффективные средства энергосбережения и создания световой среды высокого качества. На отечественном рынке естественного освещения они представлены несколькими зарубежными компаниями: американской (США) Solatube International Inc. (ОС Solatube® Daylighting Systems) [3], итальянской Solarspot International S.r.l.

(ОС Solarspot®) [4–6] и чешской Lightway (ОС ALLUX) [7].

Продукция Solatube International Inc. занимает до 80% мирового рынка ОС с ПТС. Эффективным стимулом для развития ОС Solatube® Daylighting Systems выступает госпрограмма США по использованию альтернативных источников энергии. В России возлагаются надежды на действенность предпринимаемых усилий правительства и принятый в 2009 г. закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности ...», а также на подвижные усилия наиболее прогрессивной части профессионалов строительного рынка.

Современные ОС с ПТС ведущих фирм мира, предназначенные для естественного освещения, доведены до высокого уровня совершенства и укомплектованы опциями для создания комфортного светового климата в помещениях. Следует отметить их конструктивное сходство и примерно одинаковый уровень технического совершенства. В этой ситуации лидерство на рынке таких ОС определяется преимуществами техно-

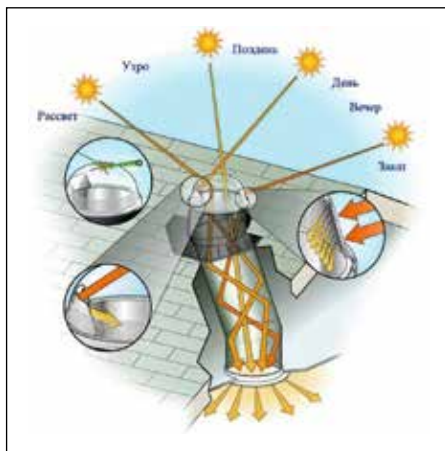


Рис. 1. Принцип работы Solatube® Daylighting Systems. Рекордные оптические характеристики ПТС сохраняют главные положительные качества солнечного света: непрерывный спектр, суточный ритм естественного света, соответствующий «биологическим часам» человека, и динамику, позволяющую судить о погоде

гического, эксплуатационного и ценового порядков. При этом определённые конструктивные особенности позволяют обратить особое внимание на ОС Solatube® Daylighting Systems (Solatube®). Она содержит (рис.1) следующие основные конструктивные элементы:

- **светособирающий купол (светоприёмное устройство)** из ударопрочного акрила, располагаемый на крыше или на стене здания; купол имеет на внутренней поверхности насечки, благодаря чему приобретает свойства линзы Френеля, направляющей диффузный свет неба вдоль оси световода, уменьшая количество отражений и повышая эффективность транспортировки света;

- **флешинг**, бесшовный металлический адаптер под разные типы кровли с защитным покрытием, обеспечивающий сопряжение конструкции ПТС с крышей и его надёжную гидро- и термоизоляцию;

- **световод (ПТС)**, набор стыкуемых алюминиевых труб прямолинейной или изогнутой формы, покрытых изнутри многослойной полимерной плёнкой с коэффициентом отражения 99,7% во всём видимом диапазоне; свет от светоприёмного устройства, пройдя в результате многократных отражений через полость световода, поступает в освещаемое помещение через светорассеиватель (диффузор); форма и конструкция труб позволяют легко интегрироваться в архитектуру строений разного назначения;

- **светорассеиватель** с широким светораспределением, устанавливаемый в потолке помещения и обеспечивающий равномерное рассеяние естественного света в помещении.

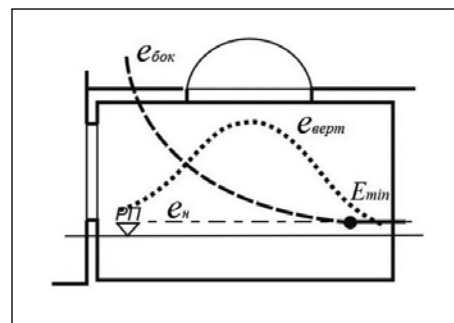


Рис. 2. Относительные распределения естественной освещённости в помещении при боковом (окно) и верхнем (Solatube®) расположении светопроёма: E_{min} – минимальное значение нормируемой освещённости; РП – рабочая плоскость; e_n – нормируемый КЕО; $e_{бок}$ – боковой КЕО; $e_{верх}$ – верхний КЕО

¹ E-mail: oat_08@mail.ru

Рис. 3.
Принципиальная
конструкция модели
Solatube® M74 серии
SkyVault

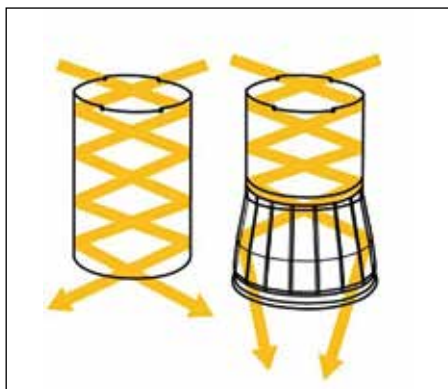
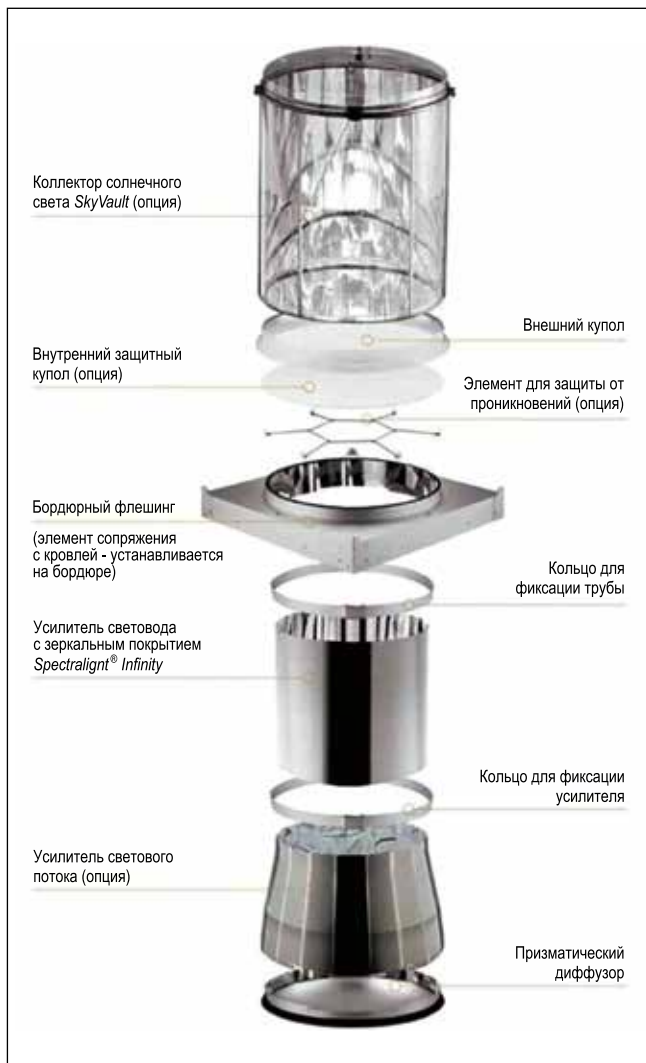


Рис. 5. Принцип действия усилителя. Усилитель фокусирует световой поток на плоскость диффузора, уменьшает потери на отражения и рассеяние, увеличивает световой поток, поступающий в помещение, и позволяет сформировать светораспределение, эффективное для освещения помещений с высокими потолками

ПТС обеспечивают помещения естественным светом, создавая необходимый уровень КЕО и более равномерное распределение освещённости по всей площади помещения,

чем с помощью традиционных вертикальных светопроёмов (боковых окон) (рис. 2). Высокий коэффициент отражения (передачи света) ПТС допускает транспортировку им света на расстояние более 20 м и освещение помещений, недоступных для традиционных технологий (подвалы, центральные помещения широких зданий, находящиеся на нижних этажах, и пр.). Благодаря высокому качеству материалов и узлов современные ПТС имеют КПД до 99%, при общем КПД ОС с ПТС до 83%.

Существенное преимущество *Solatube®* перед традиционными светопроёмами – значительное снижение теплопотерь в холодные периоды года и теплопоступлений в летнее время. Этим достигается дополнительная экономия энергии на отопление, вентиляцию и охлаждение помещений. Но главный экономический плюс *Solatube®* – снижение затрат на искусственное освещение помещений. Использование естественного



Рис. 4. Коллектор *Solatube® M74* серии *SkyVault* (740 мм) на крыше здания. Сочетание коллектора и линз Френеля на куполе (технология *Raybender®*) обеспечивает постоянство светового потока в течение всего светового дня, в том числе в утренние и вечерние часы, за счёт улавливания световых лучей при низких углах солнцестояния

света как альтернативы искусственному в дневное время в зависимости от ресурса солнечной энергии региона позволяет снижать расходы на освещение на 50–75%. Оценки показывают, что: 1) передавать солнечное излучение во внутреннее пространство помещения в 50 раз экономичнее, чем создавать для этого искусственное освещение; 2) продление использования естественного света на 1 ч в сутки только по промышленным зданиям позволяет в масштабе России сберечь около 3 млн кВт·ч электроэнергии в год.

Современные эффективные ОС с ПТС меняют традиционные представления об организации естественного освещения помещений и в силу своих уникальных свойств начинают влиять на архитектуру и современное строительство. В контексте оптимизации энергозатрат и повышения однородности световой среды помещений использование ПТС в качестве основного или дополнительного источника естественного света представляется наиболее эффективным [8]. Световая эффективность ПТС в сравнении с традиционными световыми конструкциями (зенитные фонари, вертикальные окна) в 2–3 раза выше.

История создания и развития, принцип действия и концепция архитектуры ОС с ПТС достаточно полно изложена в книге [9]. В настоящей статье приводятся сведения об ОС с ПТС *Solatube®*, предназначенные для проектировщиков и потенциальных заказчиков, и рассматриваются перспективы применения этих ОС в России. Типоряд *Solatube®* отража-

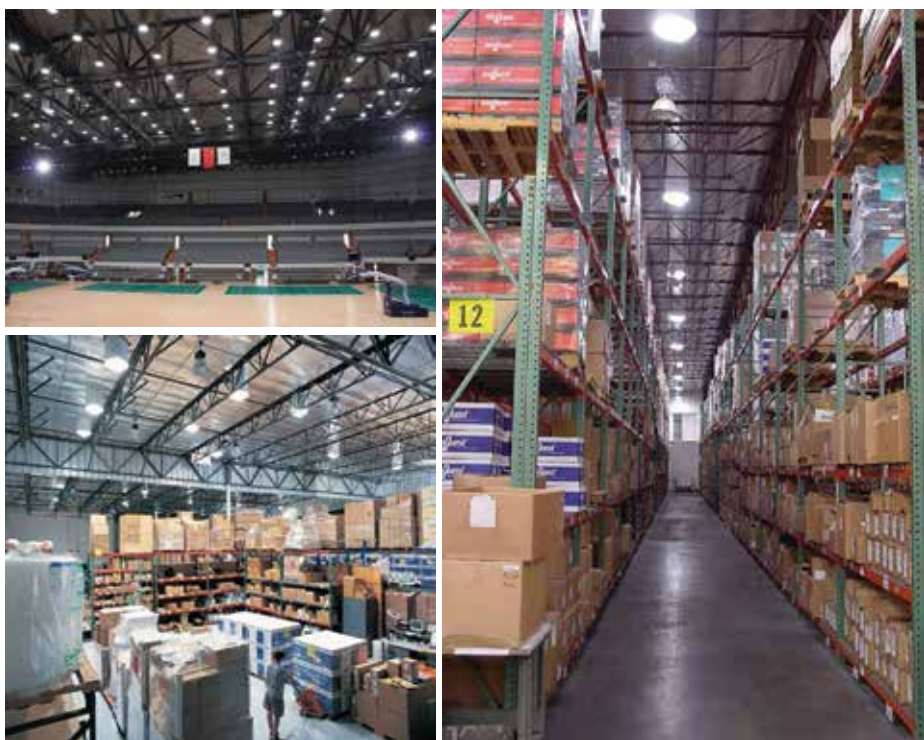


Рис. 6. Модель Solatube® M74 в освещении помещений с высокими потолками

ет этапы развития конструкции и производства и представлен моделями Solatube® Daylighting Systems серии Brighten Up® с ПТС разного диаметра: 160 DS (250 мм) и 290 DS (350 мм), и серии SolaMaster® (530 мм), а также моделью и Solatube® M74 серии SkyVault (740 мм).

Первые три модели, традиционной конструкции, легли в основу создания четвертой, более совершенной, модели M74 (с рекордными параметрами), открывающей новые возможности в развитии технологии естественного освещения и расширяющей масштабы применения ОС с ПТС.

Отличительная особенность моделей Solatube® перед аналогами других производителей – непревзойденное

значение отражательной способности покрытия трубы. Используемое покрытие Spectralight® Infinity имеет интегральный коэффициент отражения в видимом диапазоне излучения до 99,7%. Важным конструктивным отличием Solatube® от ОС с ПТС других производителей является применение линз Френеля в устройстве светособирающего купола (Raybender® 3000), что обеспечивает устойчивые нормированные световые характеристики системы на уровне предельно достижимых при современных материалах.

При этом указанную модель M74 (серия SkyVault) можно смело отнести к зенитным фонарям нового поколения. Она содержит несколько прогрессивных решений, некоторые из

которых можно считать революционными (рис. 3).

Одно из них – использование светособирающего коллектора (рис. 3 и 4), значительно расширяющего зону захвата и втрое увеличивающего эффективность сбора света².

Другое же прогрессивное решение – усилитель (коллиматор) света (рис. 3 и 5). Это конусовидный элемент на конце световода, который фокусирует световой поток на плоскость диффузора, увеличивая (примерно на 15–16%) долю проходящего через него света.

Модульная конструкция модели Solatube® M74 открывает широкие возможности применения таких ОС с ПТС для решения задач эффективного естественного освещения помещений большой площади с высокими (6–30 м) потолками (рис. 6). Комплектация ОС с ПТС серии SkyVault подбирается индивидуально под проект. Несмотря на объёмность конструкции, ОС легки, просты в установке и не требуют последующего обслуживания. В табл. 1 показаны вариан-

² В коллекторе применена отражающая пластина LightTracker™ (LITD®) с отражающим покрытием Spectralight® Infinity и технология «холодного световода», благодаря которой, отсекается ИК составляющая солнечного света. Защита помещения от ИК излучения продолжается на всём пути транспортировки света по световоду благодаря технологии «холодной трубы». Суть последней в том, что покрытие Spectralight® Infinity работает по принципу светофильтра, обеспечивая эффективную транспортировку видимого излучения по световоду, будучи прозрачным для ИК излучения, которое, проникая через покрытие до металла трубы, последним поглощается и рассеивается в окружающем пространстве вне освещаемого помещения.



Рис. 7. Система Solatube® в освещении детского сада (Краснодар)

Варианты исполнения и комплектации модели *Solatube*[®] M74

Базовая модель	С усилителем светового потока	С коллектором	С коллектором и усилителем
			
<p>классический вариант:</p> <ul style="list-style-type: none"> • купол, бордюрный флэшинг, ПТС, призматический рассеиватель; • диаметр световода – 740 мм; • рекомендуемая высота установки светорассеивателя – (5–8) м; • средний световой поток – 18500 лм. 	<ul style="list-style-type: none"> • увеличивает на 15–16% световой поток; • способствует формированию оптимальной КСС рассеивателя и эффективному применению при любой высоте установки; • высота установки рассеивателя – 8 м; • высота усилителя – 600 мм; • диаметр светорассеивателя усилителя – 949 мм; • средний световой поток – 21500 лм. 	<ul style="list-style-type: none"> • расширяет зону и втрое повышает эффективность сбора света, в том числе при низком солнцестоянии; • высота коллектора – 1067 мм; • рекомендуемая высота установки светорассеивателя – от 8 м; • средний световой поток – 35000 лм. 	<ul style="list-style-type: none"> • интегрированная конструкция, объединяющая достоинства всех трёх предыдущих моделей.

Рис. 8. Модель *Solatube*[®] 290DS в освещении подземных помещений Правовой академии (Нижний Новгород)

ты конструктивного исполнения модели *Solatube*[®] M74, а в табл. 2 – некоторые характеристики ОС *Solatube*[®] Daylighting Systems.

Освещаемая площадь помещения с помощью разных моделей *Solatube*[®] (приблизительно) для нормативного КЕО и типового помещения (средняя длина ПТС 1,82 м, высота потолка 2,4 м): 160 DS (250 мм) – до 14 м²; 290 DS (350 мм) – до 23 м²; 21-O/21-C (530 мм) – до 37 м²; M74 (740 мм) – до 100 м² (при установочной высоте 6 м).

Сравнение оптических и теплотехнических характеристик ОС *Solatube*[®] и традиционного окна позволяет снимать противоречие между светопередачей и теплопроводностью. *Solatube*[®] (табл. 3) обеспечивает эффективную передачу света с минимальным притоком солнечного тепла, создавая комфортную среду в помещении.

Эксплуатационные и инвестиционные характеристики

ОС *Solatube*[®] герметична. Все узлы (купол, флэшинг, система световодов, диффузор-рассеиватель) имеют уплотнения, препятствующие

шире проникновению в них насекомых и пыли. В отличие от зенитных фонарей *Solatube*[®] не нуждается в регулярном обслуживании. Срок окупаемости *Solatube*[®] – от 3 до 5 лет, срок службы – 30 лет и гарантийный срок – 10 лет.

Области применения *Solatube*[®]

ОС *Solatube*[®] относятся к ряду «зелёных» (экологически чистых) средств, и здания, ими оснащённые, соответствуют требованиям СП 52.13330.2011, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03, закону № 261-ФЗ (гл. 3, ст. 11) и переходят в разряд энергоэффективных и экологически безопасных. Энергосберегающая экологически чистая технология передачи естественного света с помощью *Solatube*[®] обеспечивает достижение эстетических, функциональных и экологических целей освещения помещений.

Применение ОС *Solatube*[®] в офисах, зданиях промышленного назначения и складах, наряду с достижением существенной экономии затрат на освещение, привносит важнейший по значимости социальный и гуманитарный эффект, формируя здоровую и экологически безопас-

Сравнительные показатели системы *Solatube*[®] и искусственных источников света (критерий – световой поток)

Модель системы <i>Solatube</i> [®]	Световой поток*, лм	Аналог – искусственный источник света**
серии <i>SolaMaster</i> [®] (530 мм)	от 13500 (средний) до 20500 (макс.)	Аналоги: • светильник с МГЛ, 150–250 Вт; • три двухламповых светильника с лампами T8, 36 Вт; • четыре четырёхламповых светильника типа «Армстронг» с лампами T5, 14 Вт.
290 DS (350 мм) серии <i>Brighten Up</i> [®]	от 6000 (средний) до 9100 (макс.)	Аналог: два четырёхламповых светильника типа «Армстронг» с лампами T5, 14 Вт.
160 DS (250 мм) серии <i>Brighten Up</i> [®]	от 3000 (средний) до 4600 (макс.)	• четырёхламповый светильник типа «Армстронг» с лампами T 5, 14Вт. • светильник с четырьмя КЛЛ, 18 Вт.
M74 серии <i>SkyVault</i>	от 18000 (средний) до 35000 (макс.)	Аналог: светильник с МГЛ 250–400 Вт;
Значения мощности и светового потока разрядных ламп		
МГЛ: 150 Вт 11250 лм 250 Вт 20000 лм 400 Вт 35000 лм		Люминесцентные лампы: T5: 14 Вт 1200 лм 28 Вт 2600 лм T8: 18 Вт 1350 лм 36 Вт 3350 лм КЛЛ: 18 Вт 1100–1200 лм

Примечания:

* Данные для системы *Solatube*[®] с длиной ПТС 1,82 м. Предельное и среднее значения светового потока получены в пиковый световой период года.

** Световой КПД светильника принят равным 0,75.

Сравнительные оптические и теплотехнические характеристики светопередающих систем

Конструкция светопередающей системы	Коэффициент светопередачи (КС)	Коэффициент теплопритока (КТ)	Отношение КС/КТ
Окно, тройной стеклопакет с зеркальной плёнкой	0,22	0,16	1,38
Окно, тройной стеклопакет, зеркальное покрытие с низкой теплопроводностью	0,63	0,36	1,75
Окно, двойной стеклопакет, стекло с низкой теплоотражающей способностью	0,71	0,49	1,45
<i>Solatube</i> [®] серии <i>SolaMaster</i> [®] (530 мм)	0,60	0,20	3,0

ную производственную световую среду. Поскольку факторы гуманизации производственной световой среды ориентированы на экономическое благополучие предприятия [10], они способствуют капитализации инвестиционных средств, вкладываемых в модернизацию ОС с ПТС, и окупаются за 4–5 лет. В настоящее время проектные организации начали активно разрабатывать архитектурно-планировочные решения с использованием ОС *Solatube*[®], что позволяет полностью удовлетворять

требованиям СанПиН по организации естественного освещения.

Важная область применения *Solatube*[®] – социальные объекты (здания дошкольных и школьных учебных заведений, больниц), где в полной мере используются гуманитарные свойства этих ОС, позволяющие создавать полный световой комфорт и безопасность (рис. 7).

Активный процесс урбанизации настоятельно требует принятия кардинальных мер по оздоровлению городской среды. Один из путей устра-

нения назревающего экологического кризиса – создание подземной инфраструктуры. Решить эту задачу без больших энергозатрат можно только благодаря применению ОС с ПТС (рис. 8 и 9).

Привлекательны *Solatube*[®] и для спортивных сооружений [3]. Впечатляющий пример – масштабное использование этих ОС в спортзале Пекинского научно-технического университета, где по программе «Олимпиады – 2008» проходили соревнования по дзюдо и тхэквон-



Рис. 9. Модель Solatube® 330DS в освещении подземного автосервиса автосалона «КИА» (Сочи)



Рис. 10. Освещение спортивного зала Пекинского университета системами Solatube®. Зал вместимостью более 8000 зрителей (площадь около 2400 м²) был освещён 148 моделями Solatube® 750 DS (530 мм, серия Solatube® SoloMaster®) с рассеивателем OptiView® для открытого потолка и устройством управления Daylight Dimmer™

до (рис. 10). Поскольку традиционные зенитные фонари не отвечали требованиям по качеству освещения, спортивный зал был освещён ОС Solatube®, что полностью решило все проблемы освещения, с учётом сложности конструкции стальной кровли и необходимости передачи естественного света на расстояние более 8 м.

За прошедшие 10 лет, в течение которых ООО «Солар», как представитель технологии Solatube® Daylighting Systems, установила множество ОС Solatube® в зданиях разного назначения – от частных жилых домов до крупных промышленных и социальных объектов – на обширной территории: от Санкт-Петербурга до Владивостока и от Москвы до Алматы. Это стало возможным благодаря активному участию в этом процессе заинтересованных профессионалов в разных уголках постсоветского пространства. В настоящее время техно-

Рис. 11. Дилерская сеть технологии Solatube® Daylighting Systems в России



логия Solatube® Daylighting Systems представлена на гигантской территории крупнейшей в мире дилерской сетью (рис. 11). Такое организационное построение позволяет клиентам на любой территории получать оперативное информационное и техническое обслуживание.

Рекордные оптические и теплотехнические характеристики ОС с ПТС Solatube® обещают их широкое использование для задач естественного освещения. Несомненно, прогресс во внутреннем освещении и развитие эстетических концепций в будущем будут определяться применением подобных ОС. И можно полагать, что Solatube® займут в этих прогнозах достойное место.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенберг Ю. Б. Полые световоды, или свет по трубам // Иллюминатор. – 2003. – № 4(6)–5(7). – С. 134–141.
2. Кинней Л., Мак-Клюни Р., Стайлз М. Солнечное освещение – новая отрасль промышленности // Светотехника. – 1999. – № 3. – С. 4–9.
3. Селянин Ю. Н., Ремизов А. Н., Добровольский А. Н. Системы солнечного освещения Solatube® Daylighting Systems в архитектуре спортивных сооружений третьего тысячелетия // Технологии строительства. – 2012. – № 3. С. 80–86.
4. Бракале Дж. Естественное освещение помещений с помощью новой пассивной световодной системы «Solarspot» // Светотехника. – 2005. – № 5. – С. 34–42.
5. Соловьёв А. К. Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии // Светотехника. – 2011. – № 5. – С. 41–47.
6. Кузнецов А. Л., Оселедец Е. Ю., Соловьёв А. К., Столяров М. В. Опыт применения полых трубчатых световодов для естественного освещения в России // Светотехника. – 2011. – № 6. – С. 4–11.

7. URL: <http://lightway.iricond.ru> (дата обращения: 05.09.2015).

8. Дженкинс Д., Мунир Т. Характеристики световодов и светопроемов, используемых в системах естественного освещения // Светотехника. – 2003. – № 6. – С. 34–38.

9. Aizenberg J. B. Hollow Light Guides. – Moscow: Znack Publishing House, 2009. – 208 p.

10. Кинней Л., Мак-Клюни Р., Стайлз М. Солнечное освещение – новая отрасль промышленности. Ответы на замечания по статье // Светотехника. – 1999. – № 4. – С. 28–29.



Овчаров Александр Тимофеевич, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1966 г. Томский институт радиоэлектроники и электронной техники. Профессор

кафедры «Архитектурное проектирование» Томского государственного архитектурно-строительного университета. Директор ООО «Световые системы». Действительный член МАНЭБ. Член редколлегии журнала «Светотехника»



Селянин Юрий Николаевич, инженер. Окончил в 1973 г. Таганрогский радиотехнический институт, в 1981 г. Военную академию им. Ф. Э. Дзержинского

и в 1992 г. адъюнктуру при ней. Генеральный директор ООО «СОЛАР», официального дистрибьютора технологии Solatube® Daylighting Systems на территории РФ, Беларуси и Казахстана