

Преимущества и перспективы применения систем естественного освещения с полыми трубчатыми световодами в России

Л.В. Карасева

Донской государственной технической университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В настоящее время для естественного освещения зданий широко используют осветительные системы с полыми трубчатыми световодами, которые могут транспортировать свет в любые части здания, в том числе, ранее недоступные дневному свету. В статье проведен сравнительный анализ работы полых световодов и традиционных светопроемов. На примерах крупных реализованных проектов зданий с полыми световодами в России показаны обоснование выбора подобных осветительных систем и их преимущества. В работе рассматривается уникальный опыт применения световодов для естественного освещения храма в Сибири, при проектировании которого разработаны и впервые реализованы несколько инновационных технических решений. Изложены факторы, определяющие перспективы применения световодных систем естественного освещения в России.

Ключевые слова: системы естественного освещения, полые трубчатые световоды, боковые и верхние светопроемы, экономия энергоресурсов, инновационные технологии.

Необходимым условием комфортной, безопасной и здоровой для обитания человека среды в зданиях является эффективное и экологичное освещение. Использование природной световой энергии позволяет экономить электроэнергию, затрачиваемую на искусственное освещение.

Естественный свет, прямой солнечный или диффузный, обычно поступает в помещение через окна и реже - в одноэтажные здания или помещения верхнего этажа – через верхние световые проемы в кровле. Однако иногда дневного света в здании недостаточно или он полностью отсутствует. Речь идет, например, о помещениях, расположенных в центральной части широкого здания, о подвальных помещениях и т.д. Проблемы с обеспечением норм естественного освещения возникают в последние годы в связи с уплотнением городской застройки [1]. Недостаток дневного света в помещениях нижних этажей, затеняемых соседними высотными зданиями, приводит к энергозатратам на искусственное освещение в светлое время суток. Для поступления естественного света в

темные помещения эффективно используют осветительные системы с полыми трубчатыми световодами (ПТС).

Полые световоды представляют собой трубчатые каналы различного поперечного сечения и длины, внутренняя поверхность которых покрыта зеркально отражающим материалом или призматической пленкой полного внутреннего отражения [2]. Дневной свет поступает через куполообразный приемный узел на крыше (реже - на фасаде) здания и выходит через торец трубы или боковую поверхность канала, освещая помещение. Благодаря инновационным отражающим материалам, световод может передавать свет на расстояние, более чем в 20 раз превышающее его диаметр [3].

На рис. 1 представлены фотографии световодной системы SOLARSPOT®, установленной в здании ОАО «Банк Москвы» в историческом центре столицы [4]. При диаметре световода 650 мм его общая длина составляет 18,5 м. Высота опоры системы над уровнем кровли – 1,80м.



Рис.1. ПТС, установленный в здании ОАО «Банк Москвы» (по окончании монтажных работ) [4]

Наряду с возможностью передачи излучения в помещения без доступа естественного света, ПТС обладают целым рядом других преимуществ в сравнении с традиционными системами естественного освещения. Для освещения одноэтажных глубоких производственных помещений часто используют фонари верхнего света, через которые происходят существенные

теплопотери зимой и теплопоступления от солнечной радиации летом (последнее относится, прежде всего, к зенитным фонарям). Улучшение микроклимата требует больших расходов энергии на обогрев и кондиционирование воздуха. Через полые световоды таких теплопотерь и теплопоступлений не происходит, что говорит об эффективности их применения в подобных зданиях. В отличие от фонарей верхнего света системы с ПТС обеспечивают естественным светом и многоэтажные здания [5]. Световод без проблем проводит излучение через чердачное пространство и технические этажи, обходя элементы несущих конструкций и коммуникации (рис.2) [6]. Использование коленчатых участков труб - угловых адаптеров - позволяет изменить направление распространения света.



Рис.2. Пример обхода ПТС элементов конструкций [6]

Авторы работы [7] сравнивают полые световоды и окна по их способности транспортировать свет при различных состояниях неба. Световоды передают как рассеянный свет от большей части неба, так и прямое солнечное излучение, вероятность попадания которого через светоприемный узел на крыше выше, чем через окна. Световоды не создают зрительного дискомфорта, связанного со слепящим действием солнечного света, так как источник света скрыт от глаз людей в помещении. Инсоляция зданий через окна в летний период нередко приводит к перегреву помещений и световому дискомфорту, во избежание чего необходимо использовать

солнцезащитные устройства. Однако у окон есть свои преимущества перед полыми световодами. Они обеспечивают визуальный контакт с окружающей средой, их используют для проветривания помещений. Целесообразно комбинировать окна и ПТС для естественного освещения зданий.

В последней редакции СП «Естественное и искусственное освещение» (СП 52.13330.2016) впервые упоминаются световоды естественного освещения, их рекомендуется использовать в качестве верхнего света в системе комбинированного освещения. На основе проведенного сравнительного анализа различных типов систем верхнего естественного освещения для многоэтажных общественных и производственных зданий со значительной шириной корпусов авторы [8] отмечают эффективность двух систем: со световыми колодцами и с полыми световодами. По мнению авторов, система с ПТС создает более равномерное светораспределение по глубине помещений, однако для психологического комфорта важен зрительный контакт с наружной средой, который обеспечивает система комбинированного освещения со световыми колодцами. В то же время в работе [6] отмечено, что ПТС, пропуская естественный свет, позволяют судить о его динамике и погоде снаружи, то есть минимальная связь с внешней средой обеспечена.

В настоящее время область применения осветительных систем с ПТС достаточно разнообразна. Их используют для естественного освещения образовательных и лечебных учреждений [9], производственных и складских помещений, офисов [10], подземных пространств [11]. Российский опыт строительства зданий с полыми световодами представлен пока не столь широко, как зарубежный, хотя в последние годы список таких осуществленных проектов вырос и продолжает увеличиваться.

Одним из первых крупных реализованных проектов с применением полых трубчатых световодов стали два многофункциональных здания ОАО

«Пассажирский порт «Морской фасад»» в Санкт-Петербурге в 2011 году. Для обеспечения норм естественного освещения было установлено 105 систем с ПТС компании SOLARSPORT INTERNATIONAL (итальянская компания, ведущий европейский изготовитель ПТС) с диаметрами труб 250, 375 и 530 мм [6]. Такая осветительная система была выбрана не случайно; в работе пассажирского порта с круизными паромными судами существенные требования предъявлялись к соблюдению природоохранных правил и высокому уровню экологической чистоты. Выбор ПТС отвечал этим требованиям, а также обеспечил полный отказ от искусственного освещения на рабочих местах в летнее время.

Инновационные технологии естественного освещения с помощью ПТС впервые были применены в храмовом строительстве именно в России. В 2018 году в городе Когалым Ханты-Мансийского автономного округа был возведен храм Святой мученицы Татианы. С учетом суровых климатических условий района было принято решение создать единое компактное здание, объединяющее два храма (главный и крестильный), хозяйственно-бытовые и инженерно-технические помещения, трапезную. Вследствие такой компактности часть внутренних помещений оказалась лишена светопроемов или имела их в недостаточном количестве. Для освещения естественным диффузным и даже солнечным светом архитектор А. Н. Оболенский предложил использовать систему световодов SOLATUBE® [12], которая гармонично была вписана в архитектуру этого уникального храма [13].

Используемые в проекте полые световоды отличаются инновационными техническими решениями. Благодаря высочайшему коэффициенту отражения зеркальной поверхности трубы (0,997), внутрь здания поступает чистый естественный свет в видимой области спектра (400-740 нм). Для излучения в инфракрасном диапазоне световод не прозрачен, в отличие от обычного окна, что существенно снижает теплопотери суровой

сибирской зимой. Уникальные светособирающие купола системы SOLATUBE® позволяют улавливать максимально возможное количество естественного света.

Для подсветки главного свода храма восемь светособирающих куполов установлены горизонтально на стенах колокольни на высоте 23м (рис.3). В этом проекте впервые в мире применена горизонтальная установка светоприемных куполов в архитектурном обрамлении. Была разработана специальная конструкция крепления, принимающая на себя часть веса купола. Для сложных погодных условий сибирского города была решена задача: защитить конструкцию от сильных порывов ветра, осадков, обледенения, нестационарного температурного режима.



Рис.3. Светособирающий купол и световодная подсветка главного свода храма [13]

Свет от куполов по световодам поступает к диффузорам главного свода. На рисунке 3 видно, как органично и ненавязчиво вписаны световые круги в поверхность свода, не нарушая каноническую архитектуру православного храма.

Для естественного освещения помещений подклета в подземной части храма (трапезная, хозяйственно-бытовая зона) дневной свет поступает в

световоды через светособирающие купола, установленные на специальном бетонном коробе с южной стороны здания.

При передаче излучения по трубам световода здесь впервые был применен принципиально новый прием. Была использована схема мультиплексирования светового потока. Большую часть пути свет транспортируется по световоду диаметром 530 мм, который затем делится на два световода диаметром 350 мм (рис.4). Таким образом решается задача экономии стоимости световодов и рационального использования световой энергии.

Несмотря на большую длину световодов от приема до выхода светового потока (40м) потери света не превышают 30%; в трапезной и технических помещениях обеспечено нормативное значение КЕО.



Рис. 4. Мультиплексирование светового потока [13]

Заключение

Осветительная система с полыми трубчатыми световодами имеет ряд существенных преимуществ перед традиционными системами бокового и верхнего освещения. ПТС проводят излучение солнца и рассеянный свет от

неба в помещения с недостатком или отсутствием дневного света. Через них не происходят теплопотери зимой и теплопоступления от солнечной радиации летом. Значительное снижение энергозатрат на искусственное освещение зданий в светлое время суток, на обеспечение теплового комфорта повышает энергоэффективность здания.

При применении полых световодов выполняется одно из основных требований к световой среде интерьера – отсутствие слепимости, исключение прямой и отраженной блескости, обеспечен световой комфорт.

Одно из важных преимуществ световодов заключается в их способности проводить свет практически в любую часть здания, обходя различные конструктивные элементы. Излучение по трубам может транспортироваться на большие расстояния, при этом потери света будут невелики из-за инновационных светоотражающих покрытий.

Обеспечение благоприятного теплового и светового режима в здании, экономия энергоресурсов, защита от атмосферных воздействий, появление новых возможностей для архитектурных решений - существенные факторы, определяющие перспективы использования системы естественного освещения с полыми трубчатыми световодами в России.

Литература

1. Карасева Л.В., Лузина Ю.Л. Современные методы повышения естественной освещенности помещений в уплотненной городской застройке // Молодой исследователь Дона, 2018, № 4 (13). URL: mid-journal.ru/publications/4-2018/
2. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга. Москва, 2008. 952 с.
3. Фонтон М.Р. Оценка экономичности различных систем искусственного и естественного освещения // Светотехника. 2008. № 1. С. 14-23.

4. Наши проекты Solaspot в России. Освещение темных помещений без электричества // Экологическое проектирование. URL: цэи.рф/наши-проекты-solaspot-в-россии
 5. Стецкий С.В., Ларионова К.О. Рогозин С.М. История развития и совершенствования систем естественного освещения промышленных зданий // Инженерный вестник Дона, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6369
 6. Kuznetsov A.L., Oseledets E.Yu., Solovyov A.K., Stolyarov M.V. Experience of application of hollow tubular light guides for natural illumination in Russia // M: Light & Engineering. 2012. Т. 20. № 3. P. 62-70.
 7. Дженкинс Д., Мунир Т. Характеристики световодов и светопроемов, используемых в системах естественного освещения // Светотехника. 2003. № 6. С. 34-38.
 8. Стецкий С.В., Корнеев С.С. Сравнительный анализ эффективности различных типов системы верхнего естественного освещения в общественных и производственных зданиях // Инженерный вестник Дона, 2020, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6421
 9. Пейн Т. Развитие полых световодов в Великобритании // Светотехника. 2004. № 3. С. 39-45.
 10. Бракале Дж. Естественное освещение помещений с помощью новой пассивной световодной системы «SOLARSPOT» // Светотехника. 2005. № 5. С. 34-42.
 11. Solovyev A.K. Daylight in underground spaces // Light & Engineering. 2018. Т. 26. № 2. P. 156-161.
 12. Ovcharov A.T., Yury N.S. Solatube® technology: prospective applications in architecture and building in Russia // Light & Engineering. 2016. Т. 24. № 2. P. 4-11.
-

13. Оболенский А.Н., Егорьев П.О. Полые трубчатые световоды в храмовом строительстве // Строительный эксперт. URL: ardexpert.ru/article/16013 (дата обращения: 10.07.2019)

References

1. Karaseva L.V., Luzina YU.L. Molodoy issledovatel' Dona. 2018. № 4(13) URL: mid-journal.ru/publications/4-2018/
2. Spravochnaya kniga po svetotekhnike [Reference book on lighting engineering]. Pod red. YU.B. Ayzemberga. Moskva, 2008. 952 p.
3. Fontoynon M.R. Svetotekhnika. 2008. № 1. pp. 14-23.
4. Nashi proyekty Solaspot v Rossii. Osveshcheniye temnykh pomeshcheniy bez elektrichestva [Our Solarspot projects in Russia. Lighting of dark rooms without electricity] URL: tsei.rf/nashi-proyekty-solaspot-v-rossii
5. Stetskiy S.V., Larionova K.O. Rogozin S.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6369
6. Kuznetsov A.L., Oseledets E.Yu., Solovyov A.K., Stolyarov M.V. Light & Engineering. 2012. V. 20. № 3. pp. 62-70.
7. Dzhenkins D., Munir T. Svetotekhnika. 2003. № 6. pp. 34-38.
8. Stetskiy S.V., Korneyev S.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2020/6421
9. Peyn T. Svetotekhnika. 2004. № 3. pp. 39-45.
10. Brakale Dzh. Svetotekhnika. 2005. № 5. pp. 34-42.
11. Solovyev A.K. Light & Engineering. 2018. V. 26. № 2. pp. 156-161.
12. Ovcharov A.T., Yury N.S. Light & Engineering. 2016. V. 24. № 2. pp. 4-11.
13. Obolenskiy A.N., Yegor'yev P.O. Polyee trubchatyye svetovody v khramovom stroitel'stve [Hollow tubular light guides in temple construction] URL: ardexpert.ru/article/16013 (accessed 10/07/19)