

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗДАНИЙ

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ

П. О. Егорьев, инженер, ООО «ЭнергоСервисКонсалтинг»; А. В. Спиридонов, канд. техн. наук, Научно-исследовательский институт строительной физики (НИИСФ РААСН); И. Л. Шубин, доктор техн. наук, НИИСФ РААСН

Ключевые слова: технологические решения, гибридные системы освещения, новый подход к проектированию, здание промышленного назначения

Применение инновационных технологических решений в области российского строительства позволяет получить высокий экономический, энергетический и экологический эффект. Для внедрения энергоэффективных технологий необходимо изменить принятый подход к проектированию зданий. Как это сделать, покажем на примере проектирования нового здания железнодорожного депо¹.

Смена глобального социально-технологического уклада

Массовый переход к производству, основанному на использовании роботов, искусственном интеллекте, геной инженерии, аддитивных технологиях (в том числе и так называемой 3D-печати), возобновляемых источниках энергии и новейших технологиях энергоэффективности, вызовет

¹ Полную версию статьи читайте на www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6720



свертывание нынешних глобальных производственных цепочек и широко применяемых технологических решений. По данным Аналитического центра при Правительстве Российской Федерации, в ближайшие несколько лет в мире должна произойти смена глобального социально-технологического уклада (www.ac.gov.ru/events/012875.html).

Смена уклада неразрывно связана с изменением глобальных взглядов на парадигму строительства. Массовую застройку на основании устаревших техногенных сводов правил и нормативов должна заменить концепция биоатмосферной совместимости, которая сможет компенсировать ущерб экологии при строительстве, а также создавать здоровую и развивающую среду обитания человека.

Наибольший ущерб окружающей среде наносит нерациональное потребление зданиями энергии, в связи с чем определяющее значение в грядущей перестройке уклада в строительстве имеет повышение энергетической эффективности зданий.

Сегодня для того, чтобы соответствовать общепринятому пониманию уровня технологического уклада, необходимо серьезно скорректировать всю систему отраслевых взглядов и подходов, ввести целый комплекс совершенно новых показателей функциональности, экономичности, экологичности, надежности, жизненного цикла и других критериев качества объектов строительства.

Многолетний опыт отечественных специалистов по внедрению высокотехнологичных инноваций на различных строительных объектах в России показал проблематичность этих попыток при реконструкции действующих жилых и особенно промышленных зданий. Дело в том, что за период, прошедший с момента возведения большинства действующих производственных зданий (1950–1970 годы), основная часть технических решений строительных конструкций и элементов, а тем более инженерных систем претерпела революционные изменения. Эффективность применения инновационных технологий на практике требует совершенно иных архитектурных, инженерных и экономических подходов.

Современный подход к проектированию

Увеличение количества показателей качества объекта и среды обитания человека, что вытекает из нового подхода к строительству, требует системных технических и четко взаимосвязанных комплексных решений. Последние, в свою очередь, нуждаются в ином уровне математического моделирования, автоматизации проектирования, оптимизации энергоснабжения, подготовки специалистов и т.д. По сути, становится необходим переход на иной, качественно новый уровень проектирования и возведения объектов.

Современные инновационные технологии (в том числе и в строительстве) развиваются так быстро и основаны на настолько сложных физических процессах, что даже специально подготовленные инженеры не всегда успевают идти в ногу со временем. В еще большей степени это касается архитекторов, девелоперов, строителей, которые, не имея специальной инженерной подготовки, далеко не всегда в состоянии правильно и эффективно учесть новинки при проектировании зданий.

Технологические инновации в строительстве требуют глубокой интеграции инженерных систем в архитектуру уже на этапе замысла проекта, иначе последние невозможно будет заставить работать с максимальной эффективностью. В этой связи старая парадигма, до сих пор используемая в отечественном строительстве, в основе которой лежит последовательное вовлечение в проект архитектора, конструктора, инженера и технолога, больше не может и не должна работать. И инженер, и технолог должны подключаться к проекту уже на этапе его замысла и совместно с архитектором формировать как облик здания, так и его технологическую «начинку» с учетом правильного использования и специфики функционирования примененных технологических инноваций. Техническому заданию должна предшествовать концепция проекта, разработанная совместно архитектором и профильным инженером.

Это положение, эту этапность работы необходимо как можно скорее закрепить и в отраслевых нормативных документах.

Инновационные технологические решения

Применение появившегося в последние годы широкого ассортимента инновационных решений в области строительства в отечественной практике может дать хороший экономический, энергетический и экологический эффект. Наиболее часто упоминаются следующие технологические решения:

- энергосберегающие, в том числе светодиодные источники света (www.tecled.ru/bezopasnost-svetodiodnyh-lamp);
- тепловые насосы (www.stiebel-eltron.ru/overview/heat_pumps);
- ветроэнергетические генераторы (www.2424.su);
- фотоэлектрические солнечные батареи и солнечные коллекторы (www.s-wais.ru);
- «климатические балки» [1];
- строительные 3D-принтеры для возведения энергоэффективных зданий (<http://apis-cor.com/3d-printer>);
- энергоэффективные вентилируемые ограждающие и светопрозрачные конструкции, разработанные НИИСК РААСН [2–4];

■ новое поколение полых оптических трубчатых световодов [5, 6] (www.solatube.su).

Этот перечень можно продолжить, однако следует отметить, что далеко не все успешно зарекомендовавшие себя на Западе технологии будут эффективными в нашей стране. Это связано как с особенностями климатических условий и сложившейся системой строительства в России, так и с дороговизной и недостаточной пока отработанностью инновационных технологий. Кроме того, наши инвесторы иногда покупают самые дешевые аналоги зарубежного оборудования, что также не способствует их эффективному использованию. В частности, можно отметить, что:

■ существующие на сегодняшний день солнечные батареи, солнечные коллекторы и ветроэнергетические генераторы работают с достаточно низким КПД;

■ большинство наиболее распространенных сегодня светодиодных светильников имеют значительные ограничения;

■ наиболее распространенные на Западе типы тепловых насосов стоят достаточно дорого и имеют существенные ограничения по работе в российских климатических условиях, особенно в зимний период.

Технологии, разработанные в России

При проектировании новых энергосберегающих зданий необходимо принять во внимание, что в России разрабатываются и производятся современные инновационные строительные системы. Несмотря на то, что распространено мнение об «отсталости» отечественных технологий, российские разработки зачастую более приспособлены к работе в наших климатических условиях, чем импортные. Вот некоторые из российских прорывов:

■ разрабатываются светодиодные кристаллы, спектр излучения которых соответствует спектру излучения естественного солнечного света, что решает проблему снижения зрения;

■ созданы схемы использования тепловых насосов, позволяющие последним эффективно работать при температуре наружного воздуха значительно ниже -15°C при вдвое большем КПД, чем у зарубежных аналогов;

■ изобретены новые малые молекулярные деструкторы для переработки всех видов бытовых отходов и биомассы в тепловую и электрическую энергию с КПД около 90%, которые могут быть принципиальным решением для значительного числа проблем ЖКХ уже сегодня.

В случае правильного подхода к проектированию и интеграции наиболее подходящих инновационных решений (отечественных и зарубежных) в проект на этапе замысла снижается размер первоначальных инвестиций, а экономический эффект в процессе эксплуатации здания может увеличиваться многократно.

Гибридные системы освещения на основе полых оптических трубчатых световодов

Предлагаем остановиться на возможностях применения в конструкции промышленных зданий гибридных систем освещения на основе полых оптических трубчатых световодов (рис. 1). Гибридные, световодно-светодиодные системы освещения могут обеспечить до 90 % экономии энергозатрат на освещение, причем позволяют использовать реальную естественную солнечную инсоляцию даже в тех помещениях, где невозможно применить классические светопрозрачные конструкции.

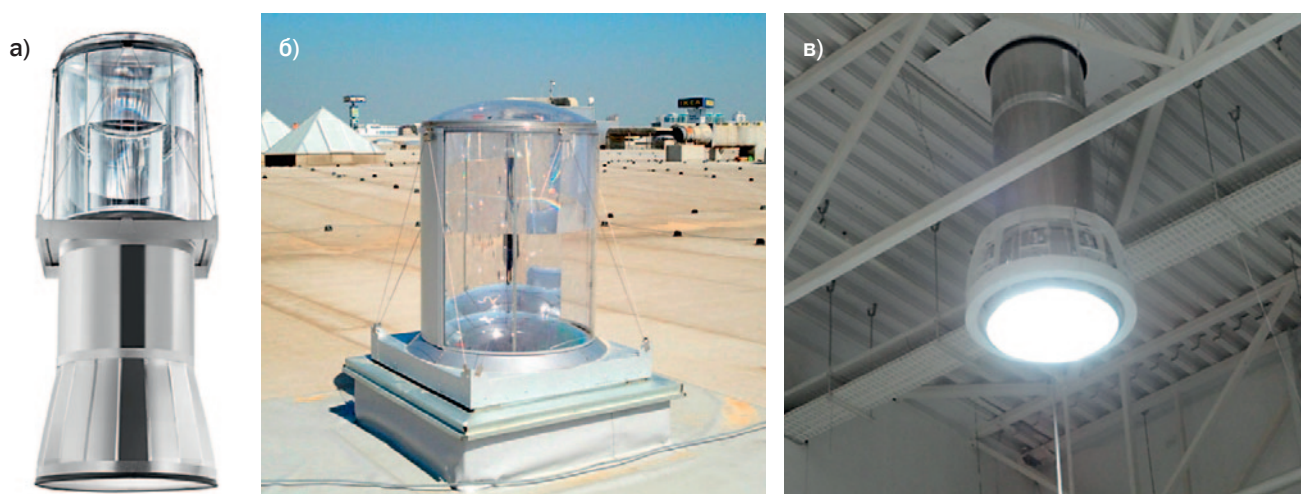


Рис. 1. Гибридная система освещения на основе полого оптического трубчатого световода: а) общий вид системы; б) часть системы, улавливающая свет; в) диффузор рассеивания, вид системы из помещения

Рассматриваемая система представляет собой высоко-технологичную герметичную зеркальную трубу, сверху накрытую прозрачным куполом, а снизу закрытую специальным оптическим диффузором. Внутри трубы смонтирован диммируемый (плавно регулируемый) светодиодный источник света.

Такой световод в течение светлого времени суток при минимальных затратах энергии проводит внутрь помещения естественный свет извне здания. В темное время суток, а также в период недостаточной освещенности включается встроенный светодиодный источник света.

Предлагаемая схема освещения, несмотря на кажущуюся простоту, является очень сложной технологической инженерной системой. Если взять обычную зеркальную трубу и накрыть ее куполом, то такое устройство эффективно работать не будет, особенно в средней полосе России, где совсем немного солнечных дней. Чтобы заставить гибридную систему на основе полых оптических трубчатых световодов работать в качестве полноценного источника света, необходимо было решить целый ряд сложных технологических задач, а именно:

- обеспечить эффективную собираемость наружным куполом суммарной (прямой + рассеянной) солнечной радиации, в том числе в условиях действительной облачности, а также разработать системы, которые концентрируют и усиливают этот свет энергонезависимым оптическим способом (рис. 2);

- разработать способы самоочистки наружного купола от смога, пыли и снега в течение всего срока эксплуатации (жизненного цикла системы), который должен составлять не менее 20 лет;

- обеспечить передачу внутрь помещения именно естественного света с улицы, спектральный состав которого не искажен многократными отражениями от стенок световода (рис. 3);

- разработать конструкцию гибридной системы на основе полых оптических трубчатых световодов, которая одновременно обеспечивает максимальный коэффициент светопропускания, имеет высокое сопротивление теплопередаче (в идеале равное или превышающее значение сопротивления теплопередаче стен), но не разрывает тепловой контур здания;

- обеспечить равномерное рассеивание света, прошедшего через световодную систему, внутри помещения и исключить попадание прямой солнечной радиации для улучшения светового комфорта на рабочих поверхностях.

Все эти задачи в течение нескольких лет были успешно решены в совместной работе российских и зарубежных специалистов, и на эти решения получены патенты, в том числе и патенты РФ.

Расчет освещенности при проектировании зданий с использованием световодов ведется с применением специально разработанного программного обеспечения, например программных комплексов VISUAL или DIALUX.

Пример нового подхода к проектированию здания промышленного назначения

Оценим эффективность нового подхода к проектированию зданий промышленного назначения на примере вариантного проектирования нового здания железнодорожного депо.

Специфика обслуживания подвижного состава заключается в высоких требованиях к качеству проведения технологических операций в зоне обслуживания пантографов и в зоне обслуживания колесных пар. Отраслевые требования к качеству освещения указанных участков достаточно высокие, уровень освещенности должен составлять не менее 300 люкс.



Рис. 2. Работа световодной системы в пасмурную зимнюю погоду (Ярославль, 15 января, 16:00): а) вид снаружи; б) вид изнутри помещения

Ленточное остекление по периметру здания, принятое в классических проектах, абсолютно неэффективно. Пантографная зона освещена исключительно искусственными источниками света. Таким же образом освещена и зона обслуживания колесных пар. Несмотря на значительную площадь зенитных фонарей, сильная запыленность в зоне их расположения в депо сводит на нет прохождение естественного света через все имеющиеся светопрозрачные конструкции.

В проекте нового здания железнодорожного депо было предложено два варианта конструктивной реализации:

- 1-й вариант – классический, с остеклением по периметру здания, зенитными фонарями и прожекторами под перекрытием;

- 2-й вариант – альтернативный (инновационный), в котором площадь остекления уменьшена на 2000 м², исключены классические зенитные фонари, установлены утепленные люки дымоудаления. Для освещения рабочих зон были предложены гибридные световодно-светодиодные системы. Расчет освещенности в рабочих зонах был проведен с использованием программного комплекса VISUAL.

Для оценки экономических показателей был проведен сравнительный расчет³ стоимости здания в классическом варианте и в варианте с использованием световодных систем освещения. Расчет показал, что фактическая стоимость инновационного варианта в части раздела капитального строительства и освещения, касающегося прямых затрат на освещение, почти на 9 % меньше, чем в классическом варианте.

Сравнительный расчет эксплуатационных затрат за 215 суток отопительного периода показал, что инновационный проект снизил размер платежей за отопление и освещение в десятки раз.

Естественный свет на рабочих местах позволит также снизить налоговые отчисления предприятия по условиям труда на 4 %, а также отказаться от выплаты надбавок по условиям освещения. Аварийность и заболеваемость при использовании естественного света также снижаются.

В целом комплексная интеграция инновационных решений на этапе замысла проекта дает очень большой эффект, как и в объеме первоначальных инвестиций, а при эксплуатации сооружения затраты уменьшаются в несколько раз.

Таким образом, современные системы освещения на основе полых оптических трубчатых световодов практически не требуют энергозатрат на освещение в течение светового дня, имеют малые энергозатраты в ночное время, не требуют дорогостоящего обслуживания в течение

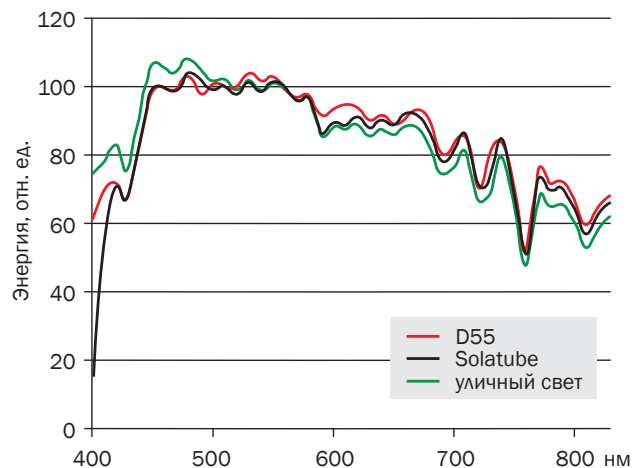


Рис. 3. Спектральные характеристики дневного света и световодных систем²

всего срока эксплуатации (около 25 лет), не разрывают тепловой контур ограждающих конструкций здания, передают внутрь помещения именно неискаженный естественный свет, могут эффективно работать в пасмурную погоду, имеют регулируемый световой поток от 1500 до 35 000 люменов в зависимости от конструкции и условий эксплуатации, а также обеспечивают высокий экологический и энергетический эффект при строительстве и реконструкции производственных помещений.

Литература

1. Кокорин О. Я. Энергосберегающие системы кондиционирования воздуха в высотных зданиях. М.: ФГУП ЦПП, 2004.
2. Ахмяров Т. А., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Системы с активной рекуперацией теплового потока в ограждающих конструкциях зданий // Жилищное строительство. 2014. № 10.
3. Ахмяров Т. А., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Принципы проектирования и оценки наружных ограждающих конструкций с использованием современных технологий «активного» энергосбережения и рекуперации теплового потока // Жилищное строительство. 2014. № 6.
4. Ахмяров Т. А., Беляев В. С., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Система активного энергосбережения с рекуперацией тепла // Энергосбережение. 2013. № 4.
5. J. B. Aizenberg. Hollow Light Guides. Moscow, Publishing House "Znack". 2009, 208 pp.
6. Овчаров А. Т., Селянин Ю. Н. Технология Solatube: перспективы в архитектуре и строительстве России // Светотехника. 2016. № 1. ■

² По данным Заключения № 12113-2145/71 от 11 февраля 2014 года ФГБУН ИБХФ им. Эммануэля РАН «О соответствии спектрального состава света, формируемого системой солнечного освещения – ССО (оптической световодной осветительной системой) Solatube Daylighting Systems, спектральному составу естественного дневного освещения».

³ Сравнительные расчеты проводили специалисты ОАО «Ленгипротранс» совместно с ООО «ЭнергоСервисКонсалтинг».