

Гибридный осветительный комплекс для систем совмещённого освещения: концепция, состояние проблемы, опыт применения

А.Т. ОВЧАРОВ^{1, 2}, Ю.Н. СЕЛЯНИН³, Я.В. АНЦУПОВ^{1, 2}

¹ Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ), Томск

² ООО «Световые системы», Томск

³ ООО «Солар», Краснодар

E-mail: oat_08@mail.ru

Аннотация

Рассмотрены гибридные осветительные комплексы для систем совмещённого освещения, включая концепцию их развития как структурного элемента систем освещения высокой энергетической эффективности и высокого качества световой среды и описание первого опыта реализации проекта системы совмещённого освещения на основе гибридного осветительного комплекса в здании Семейного Торгового Центра «МЕГА Адыгея».

Ключевые слова: система совмещённого освещения, система автоматического управления, гибридный осветительный комплекс, естественный свет, искусственный свет, полые трубчатые световоды, светодиодный блок искусственного света.

Введение

В 2015–2016 гг. был реализован пилотный проект системы совмещённого освещения (ССО) на базе гибридного осветительного комплекса (ГОК) в здании Семейного Торгового Центра (СТЦ) «МЕГА Адыгея»¹ (далее – СТЦ). Объект реконструкции системы освещения – входная группа магазина «Ашан» СТЦ. Заказ на реконструкцию осветительной системы СТЦ с использованием инновационных осветительных комплексов, естественно, вызывает насторожённое отношение, усугубляемое недостаточными высокими капитальными затратами на строительство ССО. Очевидно, что решающую роль в снятии сомнений и принятии правильного решения должна играть убедительная и объективная информация о перспективно-

сти ССО на базе ГОК, об их технических преимуществах и выгодных экономических показателях, в частности о привлекательном сроке окупаемости капитальных вложений (инвестиций) на устройство инновационных систем освещения.

Концепция ГОК для ССО

Существенное повышение экономической, экологической и социальной эффективности энергосбережения в освещении вместе с повышением его безопасности и комфортности может быть достигнуто посредством нетрадиционных технологий нового, более высокого уровня. С этих позиций перспективны ГОК, реализующие даровой ресурс естественного света. В инженерно-технических мероприятиях по реализации потенциала естественного света перспективны передовые средства эффективной передачи света с помощью полых трубчатых световодов [1, 2], и их использование в зданиях становится творческой задачей архитекторов и дизайнеров. Сочетание ресурсов естественного света и энергоэффективности искусственного с системой автоматического управления (САУ) и формирует ССО, отличительным признаком которой является стабильность характеристик световой среды вследствие компенсации переменного во времени естественного компонента соответствующей корректировкой компонента искусственного (электрического освещения). ССО на основе ГОК представляют комплексное решение, определяющее современную архитектуру осветительных систем высокой энергетической эффективности. Преимущества ГОК перед традиционными решениями открывают перспективы их применения: компактность архитектурно-дизайнерских конструктивных решений; компактная световая среда; высокая

энергетическая эффективность; возможность гибкого управления параметрами световой среды помещения.

Универсальность и высокая энергоэффективность ССО инициировали оригинальные инженерные решения [3–7]. Закономерный финал эволюции ССО с автоматическим управлением – комплекс трёх взаимосвязанных неразделимых компонентов: ПТС (естественный свет) – светодиодный источник света (искусственный свет) – САУ [8–11], которые лишь в совокупности определяют характеристики системы. Такой системе соответствует термин «ГОК» и применимо следующее определение, согласно ГОСТ [12]: «ГОК – устройство, предназначенное для совмещённого освещения, объединяющее в себе два вида источников света (естественного и искусственного), интегрированных в единую конструкцию, и систему автоматического управления, имеющее общую техническую документацию, обеспечивающую технологию совмещённого освещения и выполняющее свои функции у потребителя только в собранном виде».

ГОК объединяет в своей конструкции полый трубчатый световод (ПТС) и блок искусственного света (БИС), в роли излучателей которого используются «встраиваемые светодиодные модули со встроенным устройством управления» [13]. К ГОК применимы фотометрические методики, метрологические понятия и светотехнические характеристики осветительных приборов по ГОСТ [13].

Актуальность ССО на основе ГОК возрастает в связи с новыми тенденциями развития архитектуры и строительства сооружений с ограниченным естественным освещением (спортивные, торговые, гражданские, промышленные, сельскохозяйственные объекты и декларированное новой градостроительной политикой развития мегаполисов подземное строительство). Новое строительство объектов большой площади обычно не предусматривает эффективных решений по естественному освещению при соблюдении требований к микроклимату помещений. Типовые решения светопроёмов (вертикальные окна, зенитные фонари, прозрачная кровля), обеспечивая нормативные требования к освещению, не решают задач оптимизации энергобаланса помещений и энергосбережения в инженерных сетях. Достойной альтернати-

¹ Адрес СТЦ «МЕГА Адыгея»: Республика Адыгея, Тахтамукайский район, аул Новая Адыгея

вой типовому светопроёму служит ГОК на базе ПТС, обладающий преимуществами по светотехническим и теплотехническим характеристикам [14–16]. Развитие и внедрение ССО на базе ГОК означает инновационный этап в развитии технологии качественного и энергоэффективного освещения. Каждый компонент ГОК одновременно и автономен, и взаимозависим от других, и, обладая потенциалом энергосбережения, вносит свой существенный вклад в эффективность комплекса:

- естественное освещение на основе ПТС – 50–75%;
- искусственное освещение высокой энергоэффективности на основе светодиодных источников света – 20–70%;
- система автоматического управления – 30–70%.

Обзор ССО и развитие концепции

В простейшем варианте ССО присутствует в любом помещении с визуальным выходом наружу, т.к. содержит, по крайней мере, два компонента: систему естественного света (вертикальные или верхние световые проёмы) и осветительную установку искусственного света (ОУ). Такие ССО функционируют в естественном природном световом ритме и их эффективность полностью зависит от параметров и качества светопроёмов, эффективности и рациональности режима использования ОУ. Для таких систем характерны низкая эффективность и нерациональное использование ОУ в силу случайного характера управления.

Примером первой попытки реализации ССО с автоматическим управлением можно считать вариант совмещения зенитных фонарей и светильников с люминесцентными лампами [3]. При очевидном несовершенстве такая осветительная система, тем не менее, даёт эффект энергосбережения и подтверждает перспективность концепции ССО.

Масштабный проект гелиостатно-световодной системы освещения рекреаций школы в г. Сент-Галлен, Швейцария, – система «*Heliobus*» – продемонстрировал значительные возможности ССО с автоматическим управлением в плане качества созда-

ваемой световой среды и энергосбережения [1, 5, 6].

Развитие ПТС с их уникальными характеристиками обозначило новый этап в совершенствовании ССО. Известны несколько технических решений ГОК на базе ПТС «*LED+«Solarspot»*» [10], «*Monodraught»*» [11, 14] и «*Solatube M74 Smart LED»*» [9]. Каждое из решений имеет свои достоинства и недостатки, но все они доказывают перспективность концепции интегрированных осветительных систем, важнейшие достоинства которых – практически полное отсутствие теплопотерь и теплопоступлений (неоспоримое преимущество перед типовыми решениями светопроёмов).

Применение таких ГОК, как «*LED+«Solarspot»*» [10, 17], в освещении офисных помещений заметно снижает энергопотребление при практически полном отсутствии теплопотерь и теплопоступлений. Особенность конструкции ГОК «*LED+«Solarspot»*» заключается в том, что его БИС состоит из светодиодов, размещённых на внешнем круговом контуре рассеивателя ПТС, (рис. 1). Недостатки «*LED+«Solarspot»*» – их слепящее и, возможно, фототоксическое действие в офисных помещениях с относительно низкими потолками по причине большой габаритной яркости светодиодов, а также трудности обслуживания при установке на большой высоте. (Спецификация пяти модификаций ГОК «*LED+«Solarspot»*» приведена в [10].)

ГОК «*Monodraught»*» по конструктивному решению светодиодного БИС подобны ГОК «*LED+«Solarspot»*», но благодаря применению светодиод-

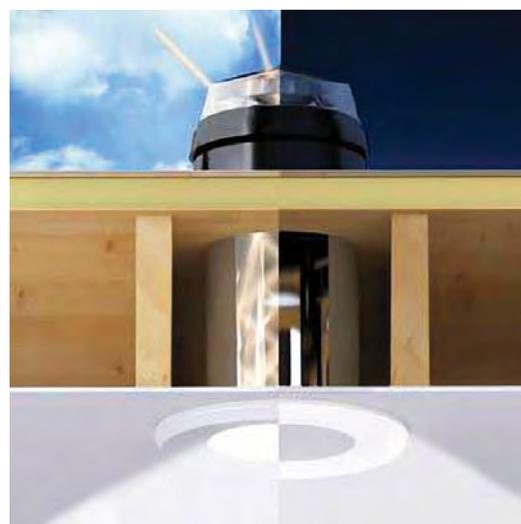


Рис. 1. Гибридный осветительный комплекс «*LED+«Solarspot»*» (диаметр световода 375 мм). Реализован в 2010 г. компанией *Solarspot International S.r.l.*

ных панелей «*LuxLoop»*» (рис. 2) в них устранён слепящий эффект. Однако номенклатура ГОК «*Monodraught»*» [11] ограничена диаметром световода 530мм, мощностью БИС 30 Вт и световым потоком менее 4000 лм, что сужает область применения этих ГОК в помещениях с высоким потолком.

Описанные выше ГОК «*LED+«Solarspot»*» и «*Monodraught»*» обладают своеобразным дизайном, нравящимся не всем потребителям. При этом в зависимости от времени суток меняется геометрия светящего тела ГОК. Так, днём оно представляется центральным диском рассеивателя ПТС, а в тёмное время суток – светодиодным кольцом вокруг тёмного рассеивателя (рис. 2). В переходные периоды светящимися частями служат центральный диск рассеивателя и охватывающее его кольцо БИС, переменная яркость которых находится в динамическом соотношении. Бывает заметен и общий недостаток этих ГОК – совмещённое освещение создаётся визуальным различимым излучением двух отдельных источников света: ПТС и БИС, обладающих различными спектральными характеристика-

Рис. 2. ГОК «*Monodraught»*. Показаны режимы работы в условиях светлого времени (день) (левая половина рисунка: через рассеиватель поступает естественный свет) и в тёмное время суток, когда излучает светодиодная панель (правая половина рисунка: рассеиватель ПТС в виде тёмного диска)



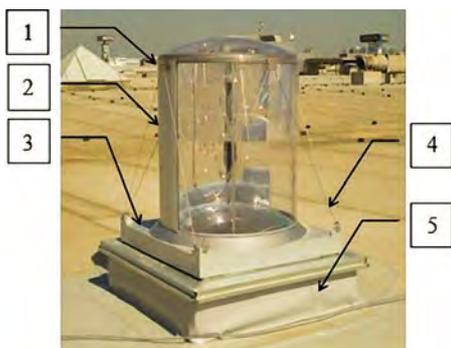


Рис. 3. Вводный узел ГОК на крыше СТЦ:
1 – коллектор; 2 – отражающая пластина «LightTracker™»; 3 – бордюрный флешинг; 4 – трос противовеетровой нагрузки; 5 – бордюр

ми и яркостью. Кроме того, переход от естественного света к искусственному и обратно сопровождается значительными изменениями светораспределения ГОК, создавая непрерывно меняющуюся световую среду в помещении и дискомфорт. Видимо, эти недостатки и вызвали запрет или ограничения применения ССО в нормативных до-

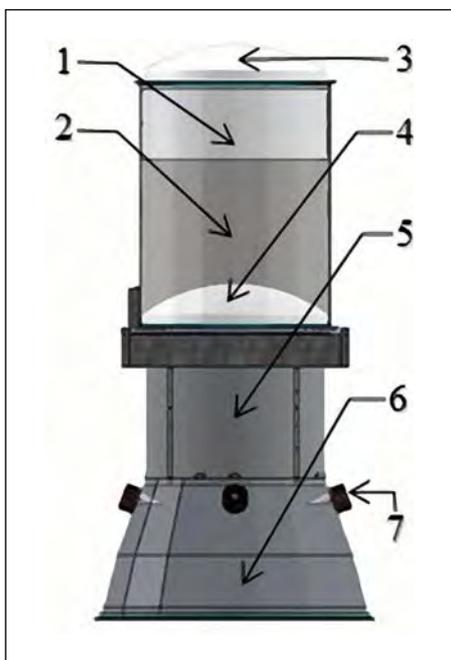


Рис. 4. Общий вид ГОК «Solatube M74 Smart LED» на основе ПТС «Solatube® M74»: 1 – коллектор; 2 – отражающая пластина «LightTracker™»; 3 – купол коллектора; 4 – купол световода; 5 – труба световода; 6 – коллиматор; 7 – светодиодный модуль, встроенный в коллиматор.

Параметры комплекса: высота коллектора – 1067 мм; диаметр трубы – 740 мм; диаметр рассеивателя – 949 мм; высота коллиматора – 600 мм; потенциальная длина трубы – до 30 м; высота установки – от 6–20 м; световой поток естественного света – 18–35 клм; световой поток блока искусственного света – до 9700 лм

кументах СП 251.1325800.2016 и СП 52.13330.2016.

ГОК «Solatube M74 Smart LED» [9] на базе ПТС «Solatube®» оптимален по конструкции как в плане модифицирования по светотехническим характеристикам и типоразмерам, так и в отношении дизайна. При этом полностью устранено слепящее и фототоксическое действие ГОК за счёт снижения влияния габаритной яркости светодиодов рассеивателем. В зависимости от параметров помещения могут использоваться ПТС «Solatube®» разного диаметра и, соответственно, БИС разной мощности. При этом особое внимание в плане создания мощных ГОК привлекает модель на основе ПТС «Solatube® M74» (диаметр трубы 740 мм) серии «SkyVault» [2], которую можно считать зенитным фонарём нового поколения, содержащим ряд прогрессивных решений, выгодно отличающих его от аналогов. Актуальность естественного освещения в зданиях с большими производственными площадями и высокими потолками предполагает применение высокоэффективных и мощных ССО.

Прогрессивные особенности конструкции ПТС «Solatube® M74» и, соответственно, ГОК «Solatube M74 Smart LED» – коллектор и коллиматор [9]. Коллектор (рис. 3 и 4), значительно расширяет зону захвата, увеличивая эффективность сбора света, и представляет собой цилиндр из прозрачного материала. В коллекторе на внутренней поверхности полуцилиндра размещена пластина «LightTracker™» с высокоотражающим покрытием «Spectralight® Infinity». Большая площадь отражающей пластины (1/2 площади внутренней боковой поверхности цилиндра) и объём оптического цилиндра коллектора втрое увеличивают сбор света по сравнению с системой без коллектора.

Рис. 5. Схема размещения четырёх излучающих элементов (светодиодных модулей) ГОК «Solatube Smart LED» на внутренней поверхности коллиматора и специальные прозрачные колпачки-линзы 1, направляющие свет на плоскость рассеивателя. На внешней поверхности коллиматора 2 установлены блоки питания, управления и радиаторы охлаждения указанных элементов

Конусообразный коллиматор ПТС «Solatube® M74» [2, 9] – удобное место для размещения БИС, представленного в конструкции ГОК «Solatube M74 Smart LED» четырьмя излучающими элементами, встроенными в пластины коллиматора (рис. 4 и 5).

В ГОК любой конструкции базовым элементом является ПТС, который представляет собой доведённый до совершенства законченный промышленный продукт. На основе анализа вариантов ГОК ведущих производителей в качестве аналога для разработки отечественного ГОК, «Solar-LED», нами был выбран ГОК «Solatube M74 Smart LED», а затем разработан проект реконструкции освещения СТЦ с помощью «Solar-LED».

Характеристика исходного состояния осветительной системы объекта

До реконструкции объект, площадью 1920 м², в основном освещался ОУ искусственного света с установленной мощностью 6,6 кВт, содержавшей колоколообразные светильники с МГЛ и создававшей среднюю освещённость ≤ 140 лк (рис. 6). Естественное освещение добавляло ≤ 20 лк и обеспечивалось 4-мя зенитными фонарями.

Техническое задание на проект реконструкции ОУ предусматривало: повышение средней совмещённой освещённости на уровне мола входной зоны магазина «Ашан» СТЦ до ≥ 300 лк (в дневное время преимущественно за счёт естественного освещения); поддержание в течение всего рабочего времени СТЦ постоянного уровня освещения посредством САУ; обеспечение хорошей цветопередачи ($R_a > 80$); повышение уровня энергоэффективности (относительно исходной ОУ на МГЛ) на ≥ 60%; повышение надёжности и долговечности.



Проектные показатели ССО объекта

Показатель		Значение показателя
Расчётная установленная мощность, $P_{OУ}$, кВт		макс. 9,45
Среднегодовая относительная удельная мощность [#] осветительной системы, $D_p \cdot 10^3$, Вт/(м ² ·лк)		4,9
Среднегодовое значение коэффициента спроса мощности*		0,30–0,45
Электрическая мощность БИС ГОК, $P_{ГОКmax}$, Вт		макс. 500
Коэффициент мощности (cosφ) ГОК		0,95
Электрическая сеть питания		220/380 В, 50 Гц
Управляемость ГОК (диапазон изменения светового потока),%		(0–10) – 100 совместим с САУ
Эффект энергосбережения**,%		≥ 60
Световой поток комплекса	ПТС (естественный), лм	макс. 35000
	светодиодный БИС (искусственный), лм	макс. 49000
	ПТС + БИС + САУ*** (совмещённый), лм	≥35000
Средняя освещённость объекта	ПТС (естественная), лк	≥300
	светодиодный БИС (искусственная), лк	≥300
	ПТС + БИС + САУ*** (совмещённая), лк	≥300
Качество цветопередачи в режиме БИС, R_a / T_c		> 80 / 3500–4000 К
Срок службы, лет/ч	ПТС	30
	светодиодный БИС	10 / 50000
Гарантийный срок эксплуатации, лет	ПТС	10
	светодиодный БИС	5
Степень защиты БИС от воздействия внешней среды, IP		42
Диапазон рабочих температур, °С		-20 – +40
Применимость для аварийного освещения		да
Ремонтопригодность ГОК****		высокая
Режим управления		автоматический

Примечания:

* Благодаря использованию естественного света коэффициент спроса мощности в системе освещения = 0,30–0,45, поэтому потребляемая мощность снижается более чем вдвое относительно исходного состояния ОУ до реконструкции; ** сравнение с ОУ со светильниками с МГЛ; *** в периоды снижения естественной освещённости ниже 300 лк; **** ГОК имеет блочную структуру; согласно табл. 2.

Проектное решение

Устранение недостатка ССО объекта было достигнуто с помощью 18-ти ГОК «Solar-LED» (рис. 7). Структурно ГОК объединяет ПТС «Solatube® M74», светодиодный БИС заданной мощности, САУ (включая датчик освещённости, контроллер, управляемый блок питания светодиодных модулей) и арматуру для монтажа ГОК и крепления функциональных блоков вокруг коллиматора (рис. 8). В табл. 1

приведены проектные параметры ССО объекта.

Показатель энергоэффективности ССО на базе ГОК

Введение параметра, позволяющего оценивать экономичность осветительной системы, обусловлено актуальностью выполнения технико-экономических расчётов для ССО на стадии проектирования с целью при-

нятия обоснованных решений, особенно учитывая то обстоятельство, что в опубликованных работах [1–8], посвящённых ГОК, не обсуждаются параметры, с помощью которых можно оценивать энергоэффективность (экономичность) ССО. Это обычная ситуация, возникающая, как правило, при описании инновационных продуктов или технологий, когда приходится отходить от общепринятых терминов и определений. Связано это с тем, что общепринятый показатель оценки



Рис. 6. Осветительная система до реконструкции – постоянно действующая ОУ искусственного света. Источники света – МГЛ ВД

энергоэффективности осветительного прибора «световая отдача» в полной мере не описывают всех инновационных свойств продукта. ССО и её компонент ГОК как раз относятся к категории таких новых продуктов в области светотехники.

В этой связи для оценки энергоэффективности предлагается адаптировать к внутреннему освещению показатель относительной удельной мощности установки утилитарного наружного освещения в соответствии с СП 52.13330.2016. Формулу для расчёта среднегодовой относительной удельной мощности ССО на базе ГОК с учётом специфики функционирования компонентов можно записать как

$$D_p = P_n \cdot K_{cn} / (E_n \cdot A),$$

где D_p – среднегодовая относительная удельная мощность ССО на базе ГОК Вт/(м²·лк); P_n – номинальная мощность ССО на базе ГОК Вт; K_{cn} – среднегодовой коэффициент спроса мощности светодиодного БИС; E_n – нор-

мируемая освещённость на рабочей поверхности (имеет постоянное значение, поддерживаемое на заданном уровне САУ), лк; A – площадь освещаемой поверхности, м².

Величина K_{cn} определяется как

$$K_{cn} = (1/T) \int_0^t k_{cn}(\tau) d\tau,$$

где k_{cn} – меняющийся во времени коэффициент спроса мощности светодиодного БИС, зависящий от уровня естественного освещения объекта и задаваемый САУ в пределах от 0 до 1; t – продолжительность использования искусственной составляющей ССО в течение повторяющегося временного цикла, ч; T – продолжительность использования ССО в течение повторяющегося временного цикла, ч.

Методика расчёта предполагает определение годового светового ресурса естественного света на территории расположения объекта по данным метеонаблюдений, представляющих

статистику естественного компонента, его изменения во времени и задающих график эксплуатации искусственного компонента ГОК. В табл. 2 приведены параметры для расчёта среднегодовой относительной удельной мощности для описанного объекта (в СТЦ «МЕГА Адыгея») для различных осветительных систем.

Реализация проекта ССО на базе ГОК

В декабре 2016 г. реконструированная ССО, с достигнутыми проектными параметрами, вошла в эксплуатацию (рис. 7). Параметры световой среды объекта (на апрель 2017 г.): средняя горизонтальная освещённость $E_{cp} = 493$ лк и коэффициент равномерности освещённости $E_{мин}/E_{cp} \geq 0,4$. В течение дня естественная E_{cp} при ясной погоде составляла ≥ 400 лк. САУ отслеживала изменения естественной E_{cp} снаружи в зависимости от погоды и времени суток, поддерживая проектный уровень E_{cp} для совмещённого освещения в помещении СТЦ ≥ 300 лк. Вводный узел и внешний вид ГОК с элементами монтажа, общий вид на крышу СТЦ (с установленными коллекторами и ГОК), соответственно, показаны на рис. 3, 8 и 9.

САУ ССО функционально разбита на 7 групп (в группе – от 2 до 4 ГОК) по принципу зонирования освещаемой площади. Внутри групп осуществляется групповое управление. САУ каждой группы состоит из датчика освещённости DALI-MSensor 02 5DPI 41rs (с дистанционным управлением), контроллера и управляемых блоков питания светодиодных модулей БИС ГОК. Настройка САУ выполняется для группы ГОК с помощью радиосвязи после монтажа осветитель-



Рис. 7. Вид зала после реконструкции осветительной системы с помощью ГОК «Solar-LED»

Пример расчёта D_p для различных осветительных установок

Тип ОУ	P_n , кВт	$K_{сн}$	E_n , лк	A , м ²	T , ч	t , ч	$D_p \cdot 10^3$, Вт/(м ² ·лк)
ССО на базе ГОК	9,45	0,3	300	1920	4380	1230	4,9
ОУ со светильниками со светодиодами	12,6	1				4380	21,8
ОУ со светильниками с МГЛ	16,5					28,6	
ОУ со светильниками с ЛН	137,5					238,7	

Рис. 8. ГОК «Solar-LED» в СТЦ
1 – ПТС «Solatube® M74»; 2 – коллиматор;
3 – светящийся диск рассеивателя; 4 –
датчик освещённости; 5 – блок питания
светодиодного модуля; 6 – монтажное
кольцо; 7 – трос подвеса; 8 – рёбра
жёсткости и связи коллиматора
с монтажным кольцом; 9 – кабели
питания и управления

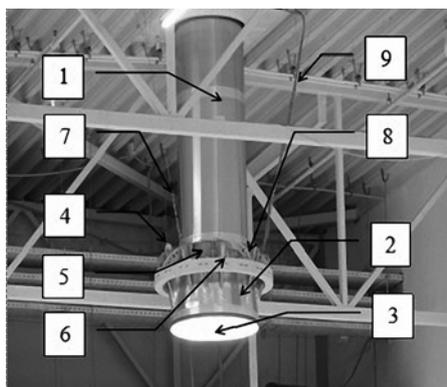


Рис. 9. Общий вид на крышу (кровлю) СТЦ

ной системы. После включения ОУ САУ приходит в состояние равновесия, при котором обеспечивается постоянный нормированный уровень освещенности объекта.

Для обеспечения помещения улучшенными системами аварийного и эвакуационного освещения в их действующие схемы включены три ГОК. В светлое время суток ПТС ССО обеспечивают комфортные условия освещения в аварийных ситуациях с электроснабжением СТЦ.

Энергосберегающий эффект создаётся за счёт большей, чем у светильников с МГЛ, световой отдачи светодиодного БИС и снижения коэффициента спроса мощности ОУ (табл. 2) благодаря эффективному использованию естественного света.

Выполненный сравнительный анализ² ССО на базе ГОК и типовых решений светопроёмов верхнего естественного освещения для реализованного проекта в СТЦ «Мега Адыгея» показал более высокие свето- и теплотехнические характеристики ГОК и бесспорное преимущество их при-

менения как в тёплый период года (малые теплопритоки от солнечного излучения), так и в холодный (слабые тепловые потери).

В процессе реализации пилотного проекта ССО на базе ГОК приобретён богатый опыт конструирования и монтажа гибридной системы освещения, позволивший разработать новый типоряд ГОК³, свободных от выявленных недостатков комплексов. При этом к наиболее существенному недостатку реализованной ССО можно отнести яркое свечение коллекторов из-за высокого уровня отражённого «обратного» света (по расчётам – около 22%), который является индикатором несовершенства оптического тракта БИС. Другой недостаток этой ССО – серьёзные трудности монтажа и обслуживания ГОК при большой высоте установки рассеивателей, БИС и САУ.

Заключение

Предложенное в настоящей работе концептуальное решение структурно-

го построения ССО на базе ГОК обладает преимуществами перед традиционными системами общего искусственного освещения и типовыми светопроёмами верхнего естественного освещения. Высокий уровень параметров и комплексность решения создают предпосылки к широкому внедрению ГОК в системы освещения объектов, где главными показателями качества систем освещения являются световой комфорт и энергосбережение. На основе анализа вариантов ГОК ведущих производителей в качестве аналога для отечественного ГОК был выбран ГОК «Solatube M74 Smart LED», по принципу устройства которого создан отечественный ГОК «Solar-LED» и разработан проект освещения помещения в СТЦ «Мега Адыгея». Реализация проекта подтвердила основные проектные параметры системы освещения, а выявленные недостатки позволили сформулировать принципы конструирования новых типов ГОК.

Авторы проекта ССО в СТЦ «Мега-Адыгея» выражают благодарность руководящей международной корпорации «ИКЕА» за предоставленную возможность его реализации, а также благодарят Ю.Б. Айзенберга и А.А. Коробко за конструктивное обсуждение материала статьи.

² Полному технико-экономическому обоснованию применения ГОК как альтернативы типовым традиционным светопроёмам посвящена отдельная статья авторов, которая выйдет в одном из ближайших номеров журнала.

³ Авторы готовят к публикации в журнале статью о новых модификациях ГОК высокой эффективности, их классификации и универсальности монтажа и эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

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

2. Овчаров А.Т., Сеянин Ю.Н. Технология Solatube®: перспективы в архитектуре и строительстве в России // Светотехника. – 2016. – № 1. – С. 35–40.

3. Бронс Д. А., Лесли Р.П. Интегрированные фонари верхнего света: комбинация естественного и искусственного освещения в целях энергосбережения // Светотехника. – 2002. – № 6. – С. 33–37.

4. Мингоцци А., Боттиглиони С., Касалоне Р. Комбинированная осветительная установка «Arthelio» с полыми световодами // Светотехника. – 2002. – № 1. – С. 18–22.

5. Айзенберг Ю. Б., Буоб В., Зигнер Р., Коробко А.А., Пятигорский В.М. Гелиостатно-световодная система освещения рекреаций школы // Светотехника. – 1996. – № 8. – С. 8–25.

6. Айзенберг Ю. Б., Буоб В., Майсен Т. Гелиостатно-световодная система освещения рекреаций школы // Светотехника. – 2002. – № 4. – С. 24–25.

7. Айзенберг Ю.Б. Интегральные системы освещения помещений без достаточного естественного света // Светотехника. – 2003. – № 1. – С. 22–28.

8. Овчаров А.Т. Гибридные светильники совмещённого освещения с системой автоматического управления // Электронные информационные системы. – 2015. – № 4(7). – С. 22–34.

9. Гибридная система освещения Solatube® M74 Smart LED//СОЛАР: магический свет. [Сайт компании]. Cop. 2004–2015. URL: <http://www.solatube.ru/katalog-modeley-solatube-i-solar-star/zenitnye-fonari-novogo-pokoleniya-sistemyi-solnechnogo-osveshheniya-solatube-m74-skyvault/> (дата обращения: 15.09.2017).

10. Solarspot® LED systems – Intelligent Lighting Solutions// SOLARSPOT: Tubular Daylighting Systems. [Company website]. Cop.2017 URL: <http://solarspot.it/en/products-comm/solarspot-led-systems> (дата обращения: 15.09.2017).

11. Delivering healthy natural light inside// Monodraught Ltd. [Company website]. Cop.2017 URL: <https://www.monodraught.com/products/natural-lighting> (дата обращения: 15.09.2017).

12. ГОСТ Р 55392–2012 «Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения».

13. ГОСТ Р 54814–2011/IEC/TS62504:2011 «Светодиоды и светодиод-

ные модули для общего освещения. Термины и определения».

14. Пейн Т. Развитие полых световодов в Великобритании // Светотехника. – 2004. – № 3. – С. 39–45.

15. Соловьёв А.К. Сравнительный теплотехнический расчёт систем верхнего естественного освещения (зенитные фонари и полые трубчатые световоды) // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 2. – С. 24–35.

16. Соловьёв А.К. Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии // Светотехника. – 2011. – № 5. – С. 41–47.

17. 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.



Овчаров Александр Тимофеевич, доктор техн. наук, профессор.

Окончил в 1966 г. Томский институт радиоэлектроники и электронной техники. Профессор кафедры «Архитектурное проектирование» ТПАСУ. Директор ООО «Световые системы». Действительный член МАНЭБ. Член редколлегии журналов «Светотехника» и «Light & Engineering»



Сеянин 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



Аницупов Ярослав Валерьевич, магистр электроэнергетики и электротехники. Окончил в 2017 г. Томский политехнический университет (ТПУ). Инженер ООО «Световые системы».

Аспирант 1-го года обучения НИ «ТПУ»

Церковь Воскресения Христова получила величественный вечерний образ

В преддверии Рождества Христова СПб ГУП «Ленсвет» завершило работы по строительству стационарного художественного освещения церкви Воскресения Христова в Адмиралтейском районе. Церковь находится на набережной Обводного канала рядом с Варшавским вокзалом.

При архитектурно-художественном освещении сложный силуэт и масштабность общего объёма храма выделяется мало-



мощными 134 осветительными приборами заливающего света, установленными на 6 металлических опорах освещения вокруг церкви. Проекторы нацеливаются на силуэт церкви, фасадные иконы, главы, барабан и кресты.

Сегодня величественное архитектурное сооружение из коричневого камня украшает вечерний вид набережной Обводного канала. Реализованный проект создаёт уникальный облик храма, возведённого в русско-византийском стиле. Во внешнем облике читаются строгость линий и геометрических форм классического стиля и, в то же время, утончённость барокко с его лепнинами и художественными изысками.

Реализованный проект продолжил традицию «Ленсвета» по созданию вечернего облика храмов Санкт-Петербурга в преддверии новогодних праздников. Годами ранее СПб ГУП «Ленсвет» в качестве подарка петербуржцам оформило светом Князь-Владимирский и Троице-Измайловский соборы.

Работы выполнены в рамках многолетнего плодотворного сотрудничества города и ПАО «Газпром» при содействии СПб ГУП «Ленсвет», подведомственного Комитету по энергетике и инженерному обеспечению, и Ассоциации «Невский свет». Проектно-изыскательские и строительно-монтажные работы реализованы компаниями «Канде-ла» и «КСК-ЭлектроПроект».

lensvet.spb.ru
28.12.2017