

**Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада

**ОПТИМИЗАЦИЯ ГИБРИДНОГО ОСВЕТИТЕЛЬНОГО
КОМПЛЕКСА В КОНТЕКСТЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

УДК 628.953

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A7-42	Анцупов Ярослав Валерьевич		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОЭЭ ИШЭ	Ушаков Василий Яковлевич	Д.Т.Н., профессор		

Томск – 2021 г.

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Ушаков Василий Яковлевич

Официальные рецензенты: **Потекаев Александр Иванович,**
доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры общей и экспериментальной физики
физического факультета «Национального
исследовательского Томского государственного
университета».

Коржнева Татьяна Геннадьевна,
кандидат технических наук, доцент, доцент
Отделения материаловедения Инженерная школа
новых производственных технологий
«Национального исследовательского Томского
политехнического университета».

Защита состоится 03 июня 2021 года в 10:00 на заседании Государственной экзаменационной комиссии по направлению 13.06.01 Электро- и теплотехника, профиль 05.14.02 Электрические станции и электроэнергетические системы на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634034, г. Томск, ул. Усова, 7, ауд. 323.

С научным докладом можно ознакомиться в научно-технической библиотеке федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по адресу: 634034, г. Томск, ул. Белинского, 53а

Секретарь ГЭК

Л.Е. Козлова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Постепенно растущий интерес к системам совмещенного освещения (ССО) на основе полых световодов побудил светотехников всего мира к повышению эффективности и оптимизации данной системы освещения. Это связано с тем, что такие осветительные системы радикально снижают энергопотребления на освещение и являются эффективным техническим средством достижения в помещениях объекта световой среды высокого качества при одновременном Конечным этапом эволюции ССО на базе ПТС является гибридный осветительный комплекс (ГОК), который в единой конструкции объединяет системы естественного освещения (ПТС), систему искусственного освещения (светодиодная светотехника) и систему автоматического управления (САУ). Прототипы современных ГОК и их конструктивные особенности подробно рассмотрены в работах Айзенберга Ю.Б., Буоб В., Зигнер Р., Коробко А.А., Пятигорский В.М., Мингоцци А., Боттиглиони С., Касалоне Р., Майсен Т.

На сегодняшний день известны ГОК на базе ПТС ведущих фирм мира: *Solarspot International S.r.l*, *Monodraught®* и *Solatube®*. К их основным достоинством относятся: экономия ЭЭ на освещение, на кондиционирование и отопление за счёт отсутствия теплопотерь и теплопритоков в холодное время года и в теплое время года; благоприятное влияние солнечного света на человека. Но анализ работ Кузнецова А.Л., Оселедца Е.Ю., Соловьева А.К., Столярова М.В., Пейна Т. и Овчарова А.Т. показал их существенные недостатки: отраженный свет, значительно снижающий КПД систем; слепящая яркость, фотоксический эффект («синяя опасность») и неоднородность кривой силы света (КСС), ухудшающие микроклимат освещаемого помещения; сложность монтажа и обслуживания гибридного комплекса; малый диапазон мощностей.

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать следующие основные исследования в данной работе:

1. Определение конструкции ГОК с максимальной эффективностью;
2. Оптимизация оптического тракта ГОК;
3. Разработка метода определения эффективности ССО.

Степень изученности проблемы

В настоящее время проблема высокоэффективных ГОК, создающих комфортную световую среду, что отмечается в многочисленных публикациях в научно-технической литературе. Однако единого решения недостатков существующих систем нет. Наиболее перспективным, по-моему, являются предложения, описанные в работах Коржневой Т.Г.,

Овчарова А.Т. и в патенте Овчарова А.Т., Селянина Ю.Н., но они направлены на решение конкретных задач, а не решение проблем в целом.

Цели и задачи работы

Целью диссертационной работы является исследование способов повышения эффективности оптической схемы гибридных осветительных комплексов и разработка конструкции ГОК, обладающей максимальной энергетической и световой эффективностью при простоте монтажа в строительстве и обслуживании в процессе эксплуатации.

Для достижения поставленной цели были решены следующие **задачи**:

1. Анализ мировых и отечественных ССО и ССО на базе ПТС.
2. Исследование конструктивных решений ГОК как светотехнической системы и оптики искусственного источника света ГОК;
3. Исследование взаимосвязи между протяженностью световода, потерями светового потока в оптическом канале и углом расходимости светового пучка источника искусственного света;
4. Разработка методики определения эффективности систем совмещенного освещения.
5. Разработка различных сценариев работы САУ.

Разработка конструкторской и технической документации для промышленного производства ГОК и строительства систем на объекте

Научная новизна

- Разработана методика расчёта эффективности ССО на основе определения среднегодовой относительной удельной мощности системы освещения. Методика позволяет рассчитать эффективность ССО при технико-экономическом обосновании применения ГОК в осветительной системе промышленных и общественных зданий.
- Разработана и впервые применена каскадная структура построения ГОК, которая позволяет достичь КПД передачи светового потока не менее 99%.
- Разработано и впервые применено оригинальное архитектурно-строительное решение, позволяющее вынести блок искусственного света за пределы помещения, тем самым упростив монтаж и обслуживание электроники ГОК.
- На основе результатов исследования зависимости потерь в канале протяженного световода от угла расходимости светового пучка источника искусственного света доказано, что для достижения максимальной эффективности ГОК требуется вторичная оптика с углом $\alpha = 30-60^\circ$ для светодиодных модулей блока искусственного света ГОК.

- На основе результатов исследования рекомендовано применять в протяженных световодах материалы покрытия с коэффициентом отражения $k_{отр.} \geq 99,0\%$.

Теоретическая и практическая значимость работы

- Предложенная каскадная конструкция и номенклатура ГОК внедрены в производство ООО «Солар».
- Разработанная методика определения эффективности ССО рекомендована к использованию для определения эффективности ССО на базе ГОК и традиционных ССО.
- Предложенная по результатам исследований вторичная оптика для светодиодных модулей блока искусственного света с углом расходимостью светового пучка $\alpha = 30-60^\circ$ рекомендована к применению в ГОК с протяженной второй ступенью оптического каскада.
- Для построения верхней и нижней ступеней оптического каскада, а также для делителя светового потока рекомендовано применять материалы с коэффициентом отражения внутреннего покрытия $k_{отр.} \geq 99,0\%$.
- Разработана номенклатура ГОК на базе ПТС фирмы Solatube®, составляющая первую в России продуктовую линейку производства ГОК, способная охватить как помещения с низкими потолками, так и помещения с высокими потолками.

Реализация результатов работы

Результаты работы использованы в реализации макета ГОК совместно с фирмами ООО «Световые системы» и АО «Физтех-Энерго». Кроме того, результаты работы использованы в разработке совместно с фирмой ООО «Солар», г. Краснодар ГОК SolarWay и применение его в количестве 2 штук в переговорной комнате главного офиса магазина ИКЕА, г. Москва. Совместно с ООО «Солар» и ООО «Световые системы» обсуждается возможность реализации массового производства ГОК SolarWay.

Личный вклад

Основные результаты работы, связанные с исследованиями оптического тракта, их анализом, выявлением и обоснованием проблемы существующих гибридных осветительных комплексов, получены лично автором научно-квалификационной работы. Общее руководство работой осуществлялось д.т.н., профессором Ушаковым В.Я. и д.т.н., профессором Овчаровым А.Т.

Публикации.

По теме диссертационной работы опубликовано 15 научных статей, в том числе 4 статей в журналах, рекомендованных ВАК, и 3 статьи в журналах из базы данных Scopus, получен патент на полезную модель №180084.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

Статьи

1. *Овчаров А.Т., Селянин Ю.Н., Анцупов Я.В.* Гибридный осветительный комплекс для систем совмещенного освещения: концепция, состояние проблемы, опыт применения// Светотехника. –2018. – № 1. – С. 28–34.
2. *Овчаров А.Т., Селянин Ю.Н., Анцупов Я.В.* Гибридный осветительный комплекс для систем совмещенного освещения: качество и технико-экономическое обоснование применения // Светотехника. – 2018. - №2. – С. 78–83.
3. *Овчаров А.Т., Селянин Ю.Н., Анцупов Я.В.* Гибридный осветительный комплекс для систем совмещенного освещения: исследование и оптимизация оптического тракта, новая модификация комплекса Solar LED S // В печати Светотехника. – 2018. - №3.
4. *Анцупов Я.В., Ушаков В.Я., Овчаров А.Т.* Условия эффективной передачи света по световоду гибридного осветительного комплекса//Известия вузов. Физика. – 2021. - №4. – С. 157-162.
5. *Alexander T. Ovcharov, Yuri N. Selyanin, Yaroslav V. Antsupov.* Hybrid Lighting System Research in the Context of Increasing Efficiency IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2019, Volume 463, Part 2.
6. *Alexander T. Ovcharov, Yuri N. Selyanin, Yaroslav V. Antsupov.* A hybrid illumination complex for combined illumination systems: concepts, state of the problem, practical experience Light & Engineering. –2018. – Volume 26 – #2. – P. 20–28.
7. *Alexander T. Ovcharov, Yuri N. Selyanin, Yaroslav V. Antsupov.* Hybrid lighting complex for combined lighting systems: research into optical path optimization using the complex «Solar Led-S» new modification Light & Engineering. –2018. – Volume 26 – #4. – P. 122–129.

Патент на полезную модель:

Овчаров А.Т., Селянин Ю.Н. Анцупов Я.В. Ресурсосберегающий гибридный светильник //Патент на полезную модель №180084, заявка № 2018103794, приоритет ПМ 31.01.2018г. дата гос. регистрации в Государственном реестре ПМ РФ 04.06.2018г. Бюл. № 16;