

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт энергетический
Направление подготовки электроэнергетика и электротехника
Кафедра электрических сетей и электротехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Гибридный светильник как ресурс энергосбережения в освещении

УДК 628.94.-025.26

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5B	Анцупов Ярослав Валерьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Овчаров Александр Тимофеевич	д.т.н., профессор		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Менеджмента	Сергейчик Сергей Иванович	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры Экологии и жизнедеятельности	Извеков Владимир Николаевич	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрических сетей и электротехники	Прохоров Антон Викторович	к.т.н., зав. кафедрой		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Профессиональные компетенции	
Р1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
Р2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
Р3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
Р4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
Р5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
Р6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
Универсальные компетенции	
Р7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
Р8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
Р9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетики и электротехники.
Р10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
Р11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
Р12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт энергетический
Направление подготовки (специальность) электроэнергетика и электротехника
Кафедра электрических систем и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5B	Анцупов Ярослав Валерьевич

Тема работы:

Гибридный светильник как ресурс энергосбережения в освещении	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	07.02.2017 №625/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: гибридный светильник как составная часть системы совмещенного освещения.
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки по вопросам: - энергосбережения в освещении; - современной светотехники; - полым трубчатым световодам; - гибридным светильникам.</p> <p>Состояние проблемы: - потенциал энергосбережения в системах совмещенного освещения и способы его реализации; - потребление электрической энергии на освещение; - конструкция гибридного светильника с максимальными параметрами и комфортной световой средой; - технико-экономическое обоснование типоряда гибридных светильников.</p> <p>Моделирование конструкции с максимальным возможным коэффициентом светопередачи.</p> <p>Разработка опытного образца гибридного светильника.</p> <p>Обсуждение результатов работы раз в неделю.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Модели в программе <i>LightTools</i>, чертежи монтажной панели блока искусственного света, модификаций гибридного светильника.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Сергейчик Сергей Иванович</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Извеков Владимир Николаевич</p>
<td data-bbox="651 1635 1538 1688"> </td>	
<td data-bbox="651 1697 1538 1751"> </td>	
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Раздел 1. Обзор литературы</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Овчаров Александр Тимофеевич	д.т.н., профессор		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5B	Анцупов Ярослав Валерьевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 132 с., 26 рис., 23 табл., 48 источников, 7 прил.

Ключевые слова: гибридный светильник, энергосбережение, система совмещенного освещения, светодиодный блок искусственного света, полые трубчатые световоды.

Объектом исследования является система совмещенного освещения - гибридный светильник.

Цель работы – разработать гибридный светильник с рекордной энергетической эффективности и высоким качеством создаваемой световой средой.

В процессе исследования проводились компьютерные моделирования светового тракта и расчёты теплового баланса конструкции гибридного светильника.

В результате исследования была получена конструкция с КПД светопередачи равного почти 100%. Расчёт теплового баланса показал, что конструкция светильника надежная и обеспечивает долговечность.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

- удельная установленная мощность гибридного светильника - 3 Вт/м²;
- приведенная световая отдача >320 лм/Вт;
- энергетический КПД – не менее 88%;
- КПД светопередачи – не менее 97%.

Степень внедрения: результаты ВКР рекомендуется к применению в компании «Солар», г. Краснодар, «Световые системы», «Физтех-Энерго» г.Томск.

Область применения: энергосберегающая технология в освещении.

Экономическая эффективность/значимость работы: потребление электрической энергии гибридным светильников до 4 раз меньше, чем традиционные осветительные системы.

В будущем планируется проверить фотометрические характеристики разработанного стенда с расчётными, внедрить гибридный светильник в массовое производство.

Оглавление

Глава 1. Обзор литературы	12
1.1. Энергосбережение и энергоэффективность в освещении	12
1.2. Полые трубчатые световоды	15
1.2.1. История полых трубчатых световодов	16
1.2.2. Полые трубчатые световоды сегодня	21
Глава 2. Разработка гибридного светильника	26
2.1. Разработка блока искусственного света	26
2.2. Выбор конструкции гибридного светильника	27
2.2.1. Конструкция с переходом от трубы малого диаметра к трубе большого диаметра с помощью СБИС	31
2.2.2. Конструкция с переходом от трубы к усилителю с помощью СБИС	35
2.3. Расчет теплового режима	38
2.3.1. Условия построения теплового баланса	38
2.3.2. Допущения	39
2.3.2. Расчёт	39
2.4. Характеристики и показатели гибридного светильника	42
Глава 3. Технико-экономическое обоснование типоряда гибридного светильника	45
3.1. Конструкция №1 – гибридный светильник DS1	49
3.2. Конструкция №2 – гибридный светильник DS/M74	49
3.3. Конструкция №3 – гибридный светильник M74/M94	50
3.4. Конструкция №4 – гибридный светильник DS/UM74	51
3.5. Конструкция №5 – гибридный светильник M74	52
Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	55
4.1 Описание проекта	56
4.2 Анализ конкурентных технических решений	57
4.3 Оценка эффективности исследования	63

4.4. Выводы по разделу	69
Глава 5. Социальная ответственность	74
5.1. Производственная безопасность	75
5.2. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действий опасных и вредных факторов.	78
5.3. Экологическая безопасность	91
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	92
5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	96
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ:	101
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ:	102
Приложение А	107
Приложение Б	121
Приложение В	123
Приложение Г	125
Приложение Д	127
Приложение Е	129
Приложение Ж	131

Введение

В настоящее время системы освещения являются одним из основных потребителей электроэнергии в мире. В РФ на долю искусственного света приходится 14% от всей вырабатываемой отечественной ЭЭ.

Внутренние осветительные сети являются наиболее ёмкой и преобладающей сферой потребления ЭЭ. Современная светотехника и новейшие технологии в освещении позволяют существенно снизить затраты на ЭЭ. В первую очередь, это возможно благодаря современным технологиям использования такого мощного ресурса энергосбережения в освещении как естественный свет, потенциал которого по территории РФ в среднем составляет 50%. Представителем данных техники и технологии являются ПТС интеграция которых с современными источниками света высокой энергетической эффективности (светодиодными модулями) позволяет добиться предельной эффективности. Это так называемые гибридные осветительные системы. Такой подход является рациональным в задачах формирования световой среды высочайшего качества и систем освещения высокой энергетической эффективности, в которых объединены ресурсы естественного и энергоэффективного искусственного освещения.

Таким образом, гибридная система совмещенного освещения (ГССО) представляет собой перспективное направление сферы энергосбережения, направленной на формирование комфортной световой среды.

Цель и задачи

Целью работы является разработка гибридного светильника с рекордной энергетической эффективностью и высоким качеством создаваемой световой среды.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. проанализировать опыт мировой и отечественной практики решения проблемы энергосбережения в освещении и существующих ГС;
2. провести компьютерное моделирование и выбрать конструкцию ГС с максимальным коэффициентом светопередачи;
3. разработать типоряд ГС и провести его технико-экономическое обоснование;
4. изготовить опытный образец ГС.

Глава 1. Обзор литературы

1.1. Энергосбережение и энергоэффективность в освещении

Сегодня существует отчётливое понимание того, что прогресс цивилизации связан с освоением всё новых объёмов энергоресурсов. В течение прошедшего столетия энергопотребление увеличилось более чем в 5 раз. Тенденции показывают, что и далее потребление энергоресурсов будет непрерывно нарастать. Соответственно нарастает негативное техногенное воздействие предприятий энергетики на окружающую среду, порождая глобальную экологическую катастрофу в мировом масштабе. Именно угроза экологической катастрофы побудило мировую общественность предпринять срочные меры для ее предотвращения. [1]

В последнее время человечество массово задумалось о снижении потреблении электроэнергии и, следовательно, снижению выброса CO_2 . Одним из первых шагов к этому - Киотский протокол, который является международным соглашением об ограничении выбросов в атмосферу парниковых газов. В европейских странах стали действовать директивы «Энергоэффективность зданий» и «Экологическое проектирование потребляющих энергию изделий». [2,3] Впоследствии, в 2015 году участники парижской конференции утвердили так называемое Парижское соглашение, которое заменит Киотский проток в 2020. В РФ поддержанием Киотского соглашения является принятый 22 октября 2004 года Федеральный закон «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции Организации Объединённых Наций об изменении климата», а также принятый в 2009 году закон РФ №261-ФЗ «Об энергосбережении и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации...».

Значительную роль в потреблении ЭЭ обществом играет освещение. Международное энергетическое агентство утверждает, что около 19% мирового потребления ЭЭ приходится на осветительные системы. [2] Наша страна не исключение и на долю освещения приходится около 14%, т.е. более 135 млрд

кВт*ч в год. [4] Из них, около 90% приходится на внутренние осветительные сети. [5] Вектор мировой политики направлен на снижение энергопотребления. В связи с этим актуальны мероприятия по внедрению энергосберегающих и энергоэффективных осветительных систем.

Экономичность систем не должна достигаться за счёт снижения норм освещенности (например, внедрение дешёвых светильников с высокими характеристиками по световой отдаче, но низкими по качеству световой среды), отключения части световых приборов или отказ от использования искусственного света при недостаточном уровне естественного света. Данные мероприятия приводят к экономическим потерям от ухудшения условий освещения и превосходят стоимость сэкономленной ЭЭ (например, снижение производительности труда работников, ухудшение здоровья, травматизм и прочие негативные последствия при недостаточном освещении). [1]

Высокая энергетическая эффективность современных осветительных систем при комфортных характеристиках световой среды достигается внедрением следующих научных достижений и инженерно-технических решений:

- во-первых, высокой энергетической эффективности современных источников искусственного света – светодиодной светотехники;
- во-вторых, использования техники и технологии, реализующих ресурс естественного света;
- в-третьих, широкое внедрение систем совмещенного освещения, интегрирующих естественный и автоматически управляемый искусственный свет.

Светодиодная светотехника является самой эффективной среди источников искусственного света. На сегодняшний день светодиодные светильники имеют следующие параметры [6,7]:

- световая отдача – 140 лм/Вт (физический предел светодиодов – 280 лм/Вт);
- удельная установленная мощность ≤ 5 Вт/м²;
- коэффициент пульсация – <1%;
- срок службы ≥ 50000 часов;
- широкий диапазон цветовой температуры – от 2800К до 6000К.

Основным недостатком светодиодной светотехники является слепящая яркость, вызывающая ухудшение зрения, так называемая «синяя опасность». Для снижения негативного эффекта служат рассеиватели светильников, обладающие свойством диффузного рассеяния, благодаря которому достигается равномерное распределение света в пространстве помещения и устранение главной причины «синей опасности» - большой габаритной яркости. [8,9,10,11]

К системам естественного света относятся: окна, стеклянные крыши, зенитные фонари и ПТС. К главному преимуществу систем естественного света является отсутствие энергетических затрат на освещение. К главному недостатку данных систем относится невозможность функционировать в темное время суток. [12]

Вариантом наиболее эффективной техники и технологии в освещении является ССО, реализующая в себе ресурс естественного света и высокую энергетическую эффективность современной светодиодной светотехники.

Реализация ССО может быть выполнена в виде совмещения традиционных светопроемов со светодиодными светильниками, которые при недостатке освещенности подключаются вручную или в автоматическом режиме. Главными недостатками такой системы является трудность поддержания заданного уровня освещенности и равномерности, а также большие теплопритоки и теплопотери через оконные проёмы.

Более универсальная и высокоэффективная реализация система совмещенного освещения – это гибридный светильник (Рис.1). В нём в единой конструкции объединен ПТС и блок искусственного света, управляемый САУ. [14,15,16,17]

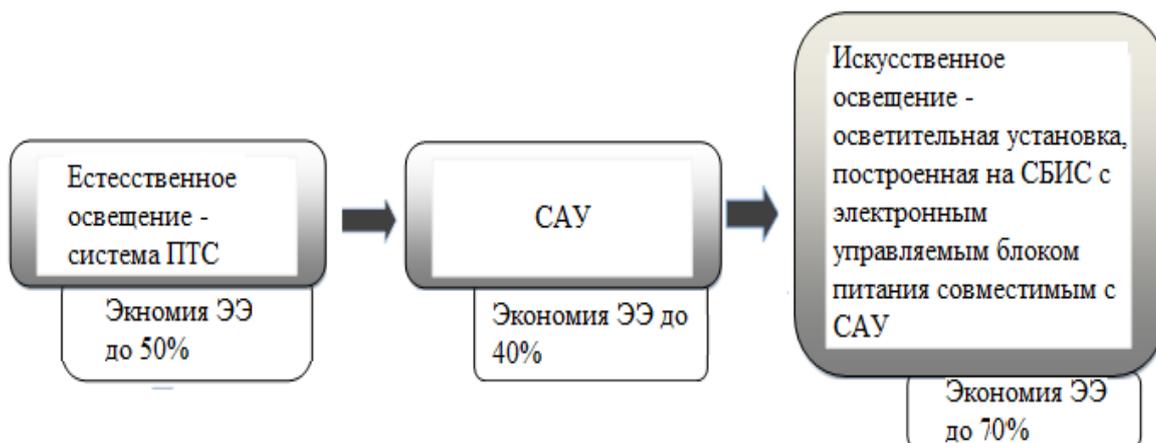


Рис.1. Блок схема системы совмещенного освещения

1.2. Полые трубчатые световоды

Естественный свет генетически является привычным для человеческого глазу. Дневной свет управляет биологическими, физиологическими и психическими процессами в организме человека. Он влияет на ритмы дня и ночи, на настроение, повышает производительность на работе и успеваемость в учебных заведениях. [8] При этом эффективное использование естественного света в освещении помещений является мощным ресурсом энергосбережения, т.е. даёт возможность сэкономить ЭЭ. Традиционным вариантом систем освещения естественного света являются вертикальные и горизонтальные окна. Непрерывное развитие и изменение в архитектуре зданий, в которых невозможно впустить солнечный свет старыми способами, привело к появлению техник и технологий использования естественного света, ярким представителем которых являются ПТС. [18]

1.2.1. История полых трубчатых световодов

Развитие полых световодов насчитывает почти полтора столетия. Условно историю можно разделить на несколько этапов:

- 1874г. – наш отечественный изобретатель В.Н. Чиколев впервые применил на Охтинском заводе под Петербургом осветительную установку с полыми торцевыми световодами в виде зеркализированных изнутри труб (рис.2), по которым во взрывоопасное помещение передавался свет от электрической дуги, установленной вне здания;

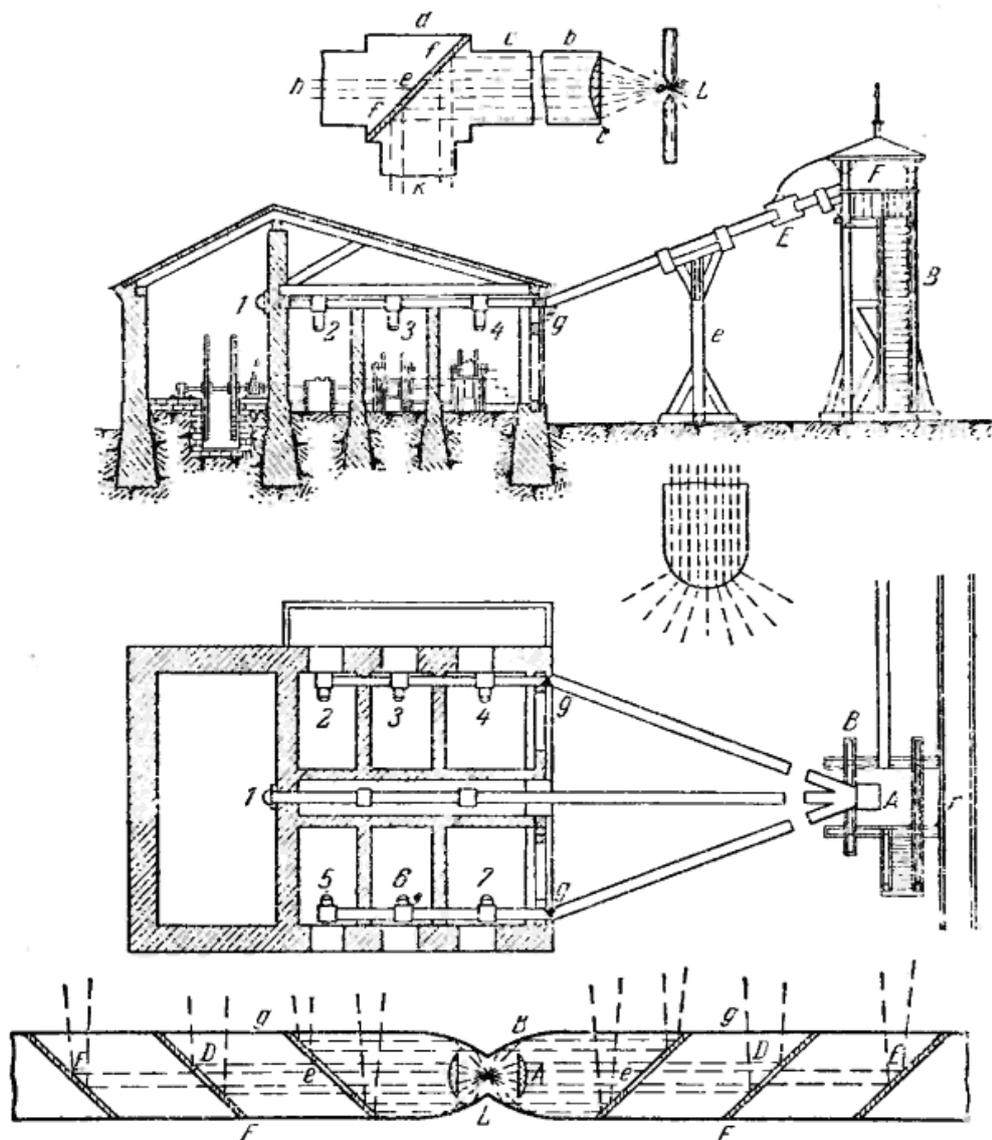


Рис. 2. Установка В.Н. Чиколева [19]

- 1878г. – американские ученые М.Т. Нил и В.Р. Лэйк получили патент на свои устройства. Были предложены способы транспортирования, деления и перераспределения светового потока источников света с помощью зеркал, линз и светорассеивающих элементов. Предлагалось использования данных установок для освещения шахт, подземных многоярусных туннелей и многоэтажных зданий;
- 1879г. – Молер и Кебриан описывают в калифорнийском научно-техническом журнале осветительную установку многоэтажного здания, освещаемого с помощью мощной дуги и несколькими линзами Френеля, направляющими в трубы световодов весь свет, генерируемый дугой (рис.3);

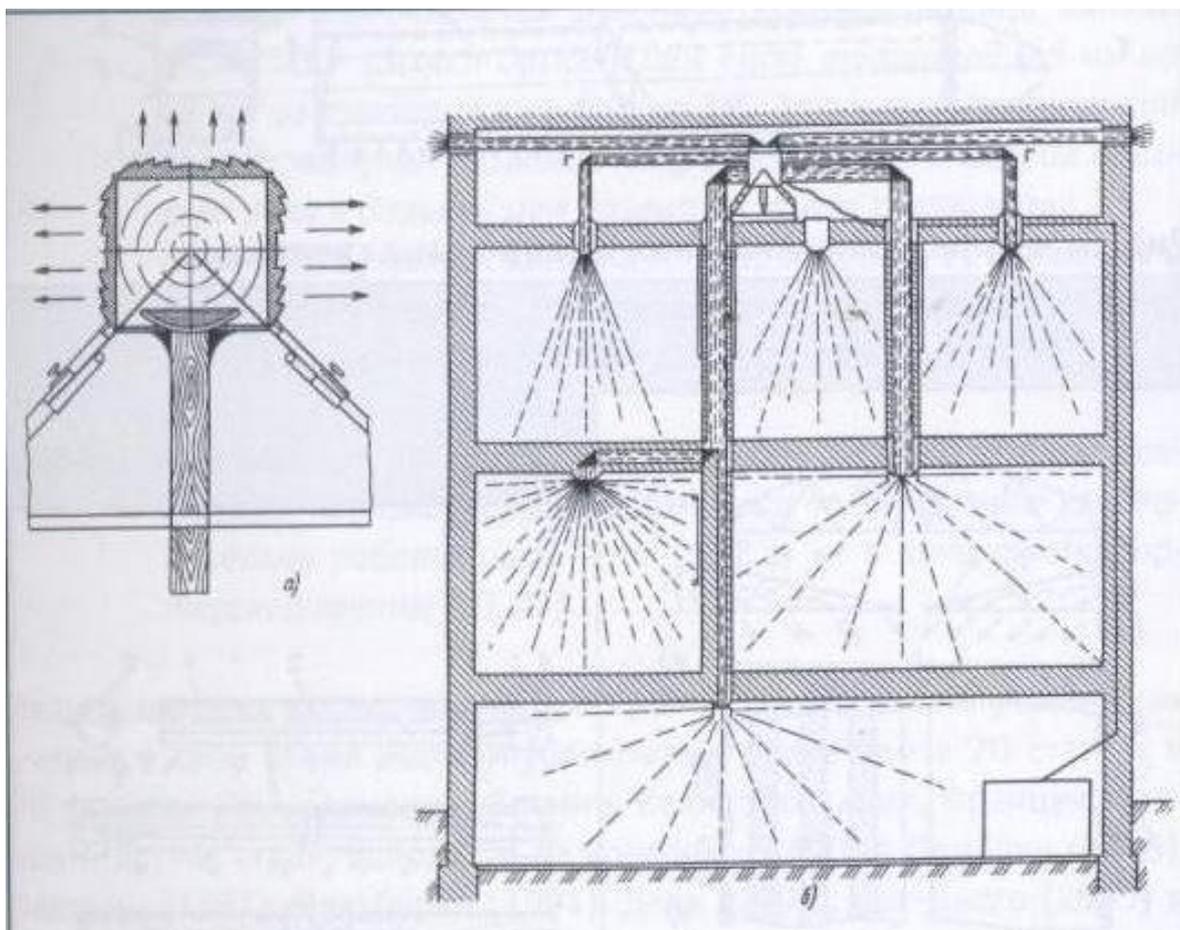


Рис.3. Изобретение Молера и Кебриана [19]

- 1881г. – В.Виллер при помощи излучателей с применением сферических и эллиптических зеркал, конденсорных линз, призм,

светорассеивающих элементов пытается решить проблему максимального использования светового потока источника света;

- 1965г. – советский ученый Г.Б. Бухман предложил идею щелевых световодов (рис.4). Свет от мощного источника света вводился в торец зеркализированной изнутри трубы, а выходил равномерно по всей длине трубы через оптические щели. Впоследствии, Бухман впервые разработал методы расчёта щелевых световодов.

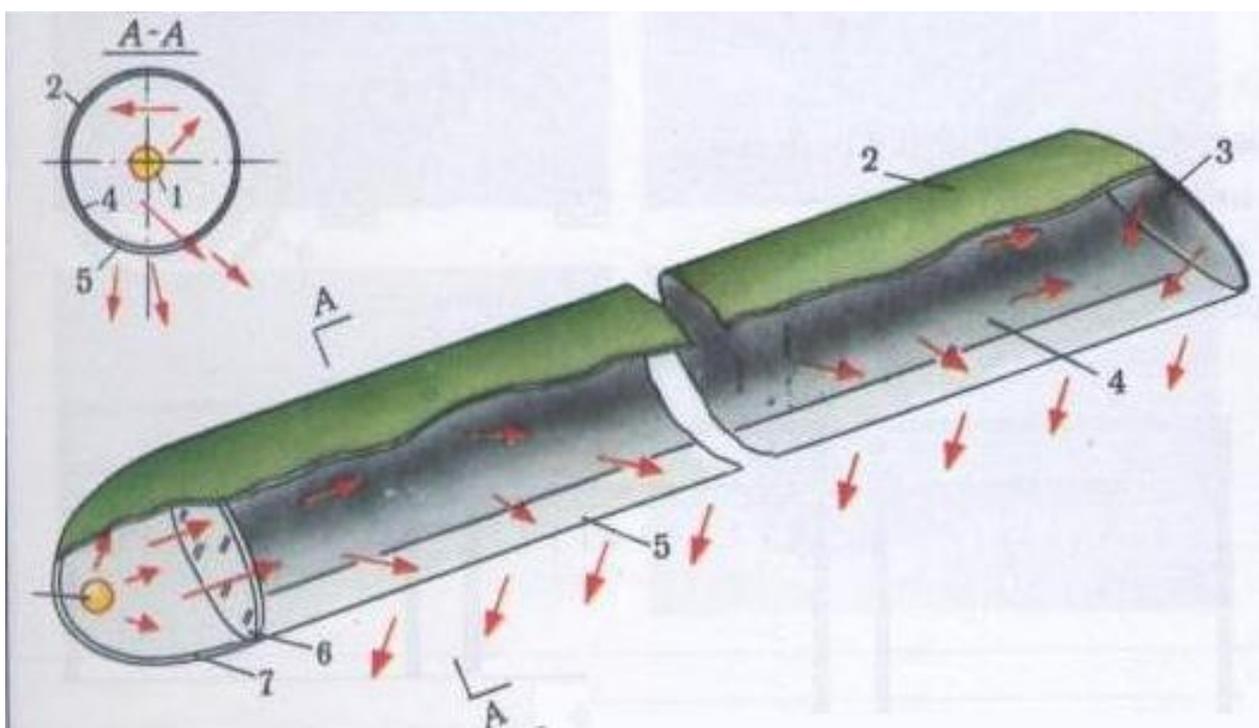


Рис.4. Щелевой световод Г.Б. Бухмана [19]

- 1975г. – Ю.Б. Айзенберг и Г.Б. Бухман патентуют два изобретения новых систем (Рис. 5), позволяющих транспортировать с помощью щелевых световодов как солнечный свет, так и искусственный свет. Материал протяженных полых световодов – тонкая, прочная пленка из специальной пластмассы.

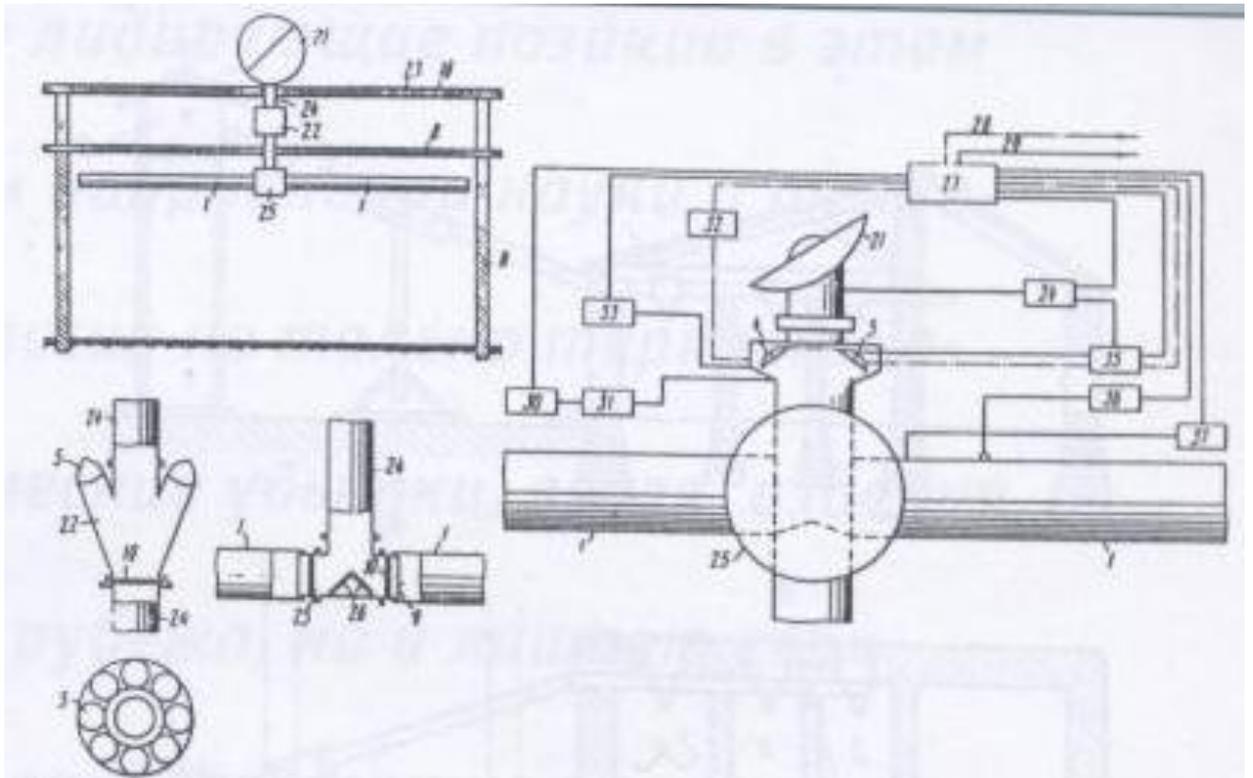


Рис. 5. Патент Ю.Б. Айзенбегра и Г.Б. Бухмана [19]

- 1978г. – трое советских ученых Ю.Б. Айзенберг, Г.Б. Бухман, В.М. Пятигорский запатентовали и реализовали на практике концептуально новую конструкцию плоских протяженных световодов клинообразной формы, позволяющих создавать большие светящие поверхности (Рис. 6);
- 1980г. – Московский опытный светотехнический завод совместно с производственным объединением «Ватра» (Украина) начинают серийный выпуск осветительных устройств с полами световодами. В это же время отечественные учёные А.А. Коробко и О.Г. Куш сформировали теоретические методы компьютерных расчётов щелевых световодов и осветительные установки с ними;

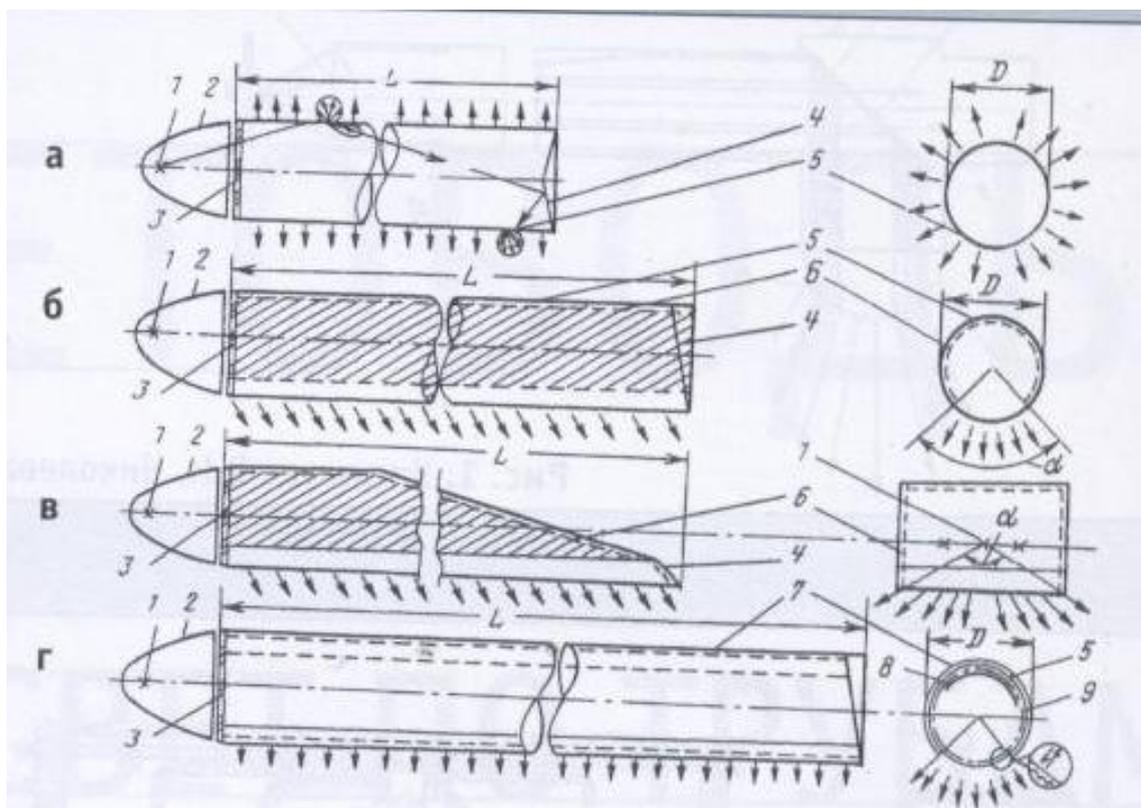


Рис. 6. Четыре основных группы полых световодов: а – диффузные световоды; б – прямые световоды; в – прямой световод, плоской клиновидной формы; г – прямой, призматичный световод [19]

- 1981г – канадский учёный Л. Уайтхедом представил призматичный световод, в котором используется эффект полного внутреннего отражения света. Призматические световоды отличаются малыми потерями при передаче света и высокой равномерностью светимости по длине (Рис. 7);
- 1985г. – американские специалисты Р. Аппельдорн и С. Кобб создали технологию производства рулонной призматичной пленки марки *SOLF*, толщиной 0,5 мм. Позднее в Канаде фирма *TIR Systems*, образованная Л. Уайтхедером и Р. Нодвелом, приступила к производству призматических световодов с пленкой *SOLF*
- 1994г. – организация Технического Комитета 3.30 «Полые световоды» в Международной комиссии по Освещению.

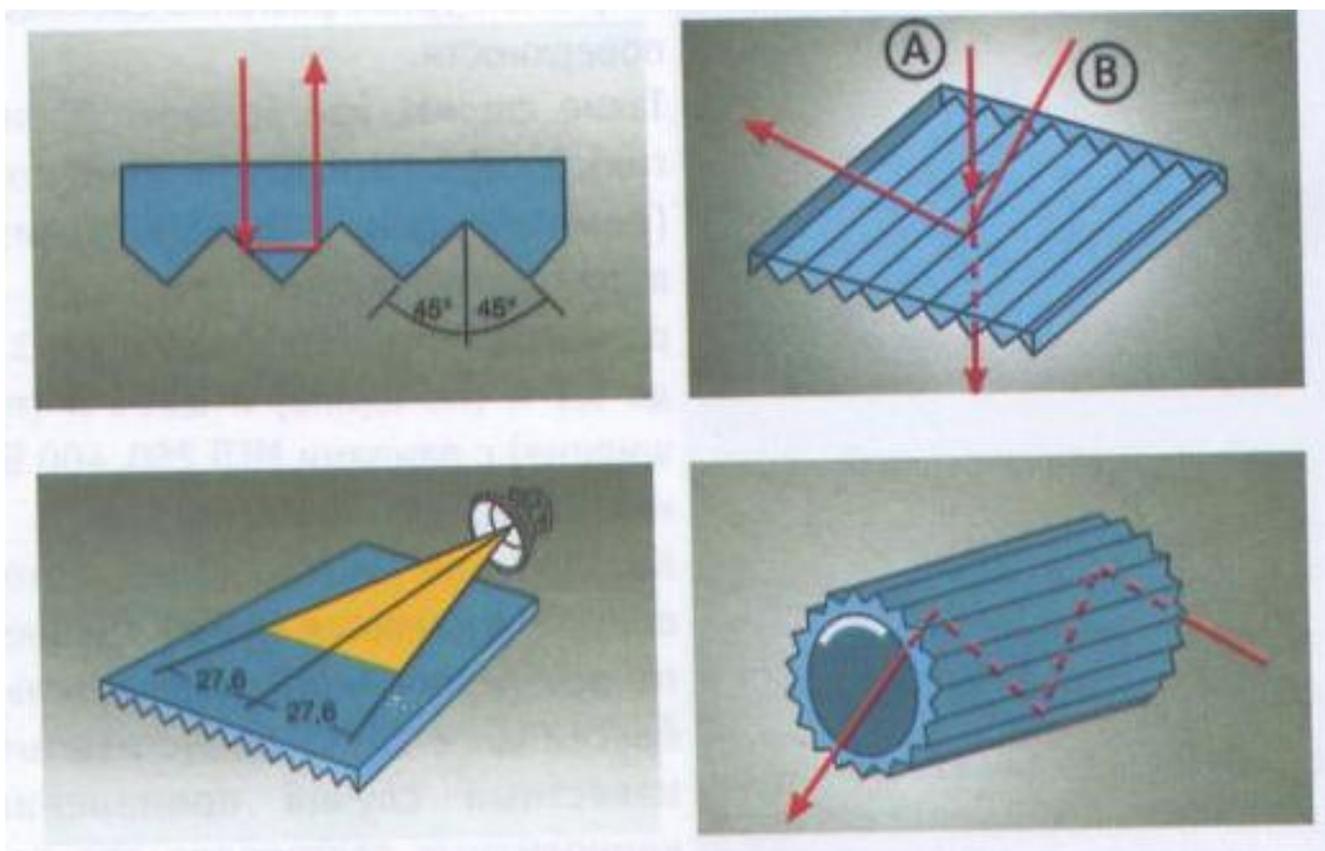


Рис. 7. Призматические световоды [20]

Труды советских учёных опубликованы более чем в 70 статьях и 20 патентах по всему миру и доложены на многих значимых конгрессах и конференциях. [20]

1.2.2. Полые трубчатые световоды сегодня

Полые световоды для освещения – это одно из немногих пионерских изобретений в области световых приборов, которое принадлежит отечественной науке. Около 30 фирм в 12 странах мира работают в этом чрезвычайно эффективном направлении. Число этих фирм и фронт работ непрерывно расширяются. И только в нашей стране, родине изобретения, фактически не велась разработка, и отсутствовало производство данных систем. [20] Но принятый в 2009 г. закон РФ №261-ФЗ «Об энергосбережении и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» и усовершенствование технологии дали толчок в развитии ПТС в нашей стране и на постсоветском пространстве. На сегодняшний день

производством и применением ПТС занимаются: ВНИСИ, Москвичстройинвест, «Световые системы», «Solar» (Россия), Экотехсвет (Украина). [21]

Сложилось два основных направления разработки и применения полых протяженных световодов: зеркальные щелевые световоды на основе использования металлического отражения от большей части внутренней поверхности световода (цилиндрические и плоские клиновидные световоды — и призматические световоды, основанные на использовании эффекта полного внутреннего отражения в призмах, покрывающих всю их наружную поверхность. [20]

На данный момент в России ПТС постепенно начинают утверждаться как эффективные технологии энергосбережения и формирование комфортной световой среды. На внутреннем рынке ПТС представлены несколькими зарубежными фирмами: система *Solatube® Daylighting Systems* американской (США) компании *Solatube International Inc.*, система *Solarspot®* итальянской компании *Solarspot International S.r.l.* и система *ALLUX* чешской компании *Lightway*. [18]

Самым совершенным и востребованным (до 80% мирового рынка) из них является ПТС фирмы *Solatube International Inc.* На примере системы *Solatube® M74- SkyVault* (рис. 8) представим основные конструктивные элементы: [18]

- **светособирающий купол** 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 передачи света при транспортировке;

- **бордюрный флешинг**, бесшовный металлический адаптер под различные типы кровли с защитным покрытием, обеспечивающий сопряжение конструкции ПТС с крышей и надежную гидро- и термоизоляцию;
- **удлинитель световода**, набор стыкуемых алюминиевых труб прямолинейной или изогнутой формы, покрытых изнутри многослойной полимерной пленкой с коэффициентом отражения **99,7%** во всем диапазоне видимого излучения; свет от приемного устройства, пройдя в результате многократных отражений через полость световода, поступает в освещаемое помещение через светорассеивающий диффузор; форма и конструкция труб позволяют легко интегрироваться в архитектуру строений различного назначения;
- **диффузор (светорассеиватель)** с широкой КСС, устанавливаемый в потолке помещения и обеспечивающий равномерное рассеяние естественного света в помещении.

Системы ПТС в виду того, что используют для освещения солнечный свет, способны без труда обеспечить требуемый коэффициент естественной освещенности помещения любого размера. А применения диффузора позволяет равномерно распределить свет по всей освещаемой площади по сравнению с окнами и зенитными фонарями.



Рис. 8. *Solatube® M74- SkyVault* [18]

На сегодня современные ПТС благодаря высокому качеству материалов и узлов имеют КПД светопередачи более 99% при общей КПД системы – 87%. [18]

Основными преимуществами ПТС перед вертикальными, горизонтальными окнами и зенитными фонарями являются низкие уровни теплопотерь в холодное время, и теплопритоков в жаркое время. Ввиду данной особенности идёт снижение затрат на отопление и вентиляцию помещений.

Основными преимуществами ПТС перед традиционными системами освещения такими как, светодиодные, люминесцентные и др. светильники, являются соблюдение самых жестких требований по СанПин «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» а также снижение затрат на электроэнергию.

Прогрессивное инновационное направление развития гелиосистем – это применение их в системах совмещенного освещения, завершенным техническим решением которых гибридный светильник. Такое объединение ресурсоэффективной системы освещения (ПТС) со светодиодным блоком искусственного света (БИС) приводит к созданию универсального светотехнического устройства – гибридного светильника ГС, способного эффективно функционировать в течение 24 часов без вмешательства человека («Умный свет»), благодаря системе автоматического управления. [22,23]

Перспективность применения ГС послужила мотивом для поиска технического решения реализации системы совмещенного освещения. На сегодняшний день известно несколько технологических решений ГС на базе ПТС. В одном из них БИС расположен вблизи диффузора и имеет очевидной недостаток – это слепящий и фототоксичный эффекты («синяя опасность»). В другом варианте ГС «синяя опасность» устранена за счёт уменьшения габаритной яркости СМ, но в данном решении присутствует другой недостаток, а именно малая мощность БИС, по причине размещения СМ в усилителе и обеспечения теплового режима светодиодов. К тому же, оба исполнения имеют одинаковый недостаток в помещениях с высокими потолками – трудность обслуживания и монтажа. [24]

Поэтому главной и перспективной целью светотехнического общества в данной области является разработка ГС с высоким энергосберегающим эффектом и качеством световой среды, в котором будут отсутствовать перечисленные недостатки.

Задачи, которые нужно решить, для достижения цели:

- разработать конструкцию ГС с максимально возможным коэффициентом передачи светопроводящего тракта, в которой будет решена проблема обслуживания и монтажа БИС;
- обеспечить тепловой режим БИС;

- разработать модификации ГС под различные типы зданий и сооружений.

Глава 2. Разработка гибридного светильника

2.1. Разработка блока искусственного света

Важнейшим конструктивным элементов гибридного светильника является СБИС на основе СМ. СБИС оптимизирован по комплексу светотехнических и эксплуатационных параметров и предназначен для ССО высокими энергетической эффективностью и качеством световой среды. [28]

СБИС состоит из стальной монтажной панели, чертеж которой приведен в приложении Б, и СМ, установленных на ней. Монтажная панель со СМ предназначены для создания искусственного света и осуществляет переход между двумя блоками ПТС.

Благодаря оригинальной конструкции СБИС и интеграции его в конструкцию ПТС, решению сложных технологических вопросов производства, достигнуты параметры, превосходящие зарубежные аналоги и позволяющие использовать такие светильники в помещениях различного назначения, любой площади при высоте потолка от 3 до 20м, обеспечивая освещенность в помещении в течение суток на постоянном уровне при любом заданном значении. [28]

Разработанный СБИС ГС, обладает следующими характеристиками:

- блок адаптирован к оптической системе ПТС по критериям: оптимальный тепловой режим светодиодных модулей (СМ) и СБИС, высокий КПД использования светового потока СМ в оптической системе ПТС (не менее 97%), равномерность распределения освещенности в плоскости диффузора ПТС, конструкция и массогабаритные параметры СБИС позволяют интегрировать его в конструкцию ПТС типа *Solatube*;

- конструкции СМ и СБИС, совместимые с типорядом ПТС диаметрами 350, 530, 740мм.
- коррелированная цветовая температура и качество цветопередачи блока максимально приближены к естественному свету (общий индекс цветопередачи не менее 95);
- разработка электронного УБП СМ для СБИС ГС и унифицированного комплекта «светодиодный модуль – управляемый блок питания», совместимых с САУ;
- исследование и создание САУ СМ в ССО на базе ГС, совместимой с УБП и допускающей возможность группового управления СМ;
- ПТС, интегрированные с СБИС и САУ решают задачи энергосбережения и создаёт комфортное внутреннее освещение объектов различного назначения (без ограничений области применения) с рекордными показателями эффективности: световая отдача, приведенная на суточный цикл объекта, более 300лм/Вт, неограниченный жизненный цикл морального старения, срок службы не менее 10 лет;
- СБИС и ГС предназначены для ССО с высокими показателями качества световой среды, удовлетворяющими самым жестким требованиям СанПиН и СП 52.13330.2011 «Естественное и искусственное освещение».

2.2. Выбор конструкции гибридного светильника

Перспективным направлением в области энергосбережения являются ССО. Представителями таких техники и технологии является ПТС, интегрированные со современными источниками искусственного света – светодиодной светотехникой, так называемые гибридные системы совмещенного освещения или гибридный светильник (ГССО или ГС). [29]

ГССО – эта инновационная система, объединяющая блок искусственного света с системой солнечного освещения *Solatube® Daylighting System*.

Известными конструктивными решениями гибридного светильника являются изделия, в которых светодиодные модули или светодиоды тем или иным способом размещены вблизи диффузора.

Один из вариантов – это продукция компании *SOLARSPOT International®*, представляющая собой гибридную осветительную систему «LED+«*SOLARSPOT*». Система реализована в 2010г. компанией *Solarspot International S.r.l.* СБИС представлен светодиодными модулями, размещенными на внешнем круговом контуре диффузора ПТС (рис. 9). Такая конструкция с визуально открытыми мощными светодиодами обладает очевидными недостатками: слепящий и фототоксичный эффекты - «синяя опасность» (биологическая несовместимость спектральных характеристик светодиодов и зрения человека). Недостатки проявляются в наибольшей степени для офисных помещений, с относительно низким потолком. Но использование такой системы в помещениях с высокими потолками, более 6м, сопряжено с трудностями обслуживания, требующего специальное оборудование или дорогих услуг промышленных альпинистов. Кроме того, диапазон мощностей светового потока делает такую конструкцию мало пригодной для обеспечения нормированной искусственной освещенности ввиду малой мощности светового потока СБИС (таблица 1).



Рисунок 9. Гибридная осветительная система *LED+Solarspot* [26]

В светотехническом плане более совершенной конструкцией можно считать продукцию компании *Solatube International*®, представляющую гибридную систему *Solatube Smart LED* на базе ПТС *Solatube*®, в которой устранены слепящий и фототоксичный эффекты за счет уменьшения габаритной яркости СМ. При этом в зависимости от параметров помещения могут быть применены системы на основе ПТС *Solatube*® различных диаметров из номенклатуры систем *Solatube*®. Но к наиболее перспективным следует отнести системы на основе ПТС *Solatube*® М74 (рис. 10).

Таблица 1. Сравнение разрабатываемой продукции с аналогами

Параметр	Значения параметра для ПТС одинаковых диаметров		
	Разрабатываемый ГС, по проекту	Италия, <i>LED+SOLARSPOT</i>	США-Канада, <i>Solatube Smart LED</i>
Световой поток СБИС, лм	6000 - 60000	14000	9700



Рисунок 10. ГС с размещением СМ внутри ПТС [27]

Актуальность ввода естественного освещения в здания с большими производственными площадями и высокими потолками требует применения высокоэффективных и мощных ССО. Однако в рассматриваемом варианте СБИС обладает ограниченными возможностями в силу малой суммарной мощности светодиодных модулей по причине выбранного конструктивного решения размещения модулей в усилителе солнечного света и проблем с обеспечением оптимального теплового режима светодиодных модулей. В этой

связи ГС *Solatube Smart LED* при использовании в помещениях с высокими потолками имеет те же недостатки, что и предыдущий аналог *LED+SOLARSPOT*»: трудности обслуживания и непригодность для обеспечения рабочей искусственной нормированной освещенности ввиду малой мощности светового потока СБИС (таблица 1).

Для оптимизации конструктивного решения гибридного светильника в контексте достижения наибольшего светового КПД выполнено моделирование световодной системы в программе *LightTools*. Программа *LightTools* позволяет сконструировать источник света, сформировать КСС, рассмотреть ход лучей от источника света, а также создать *ies*-файл, который в дальнейшем можно использовать в таких программах, как *Dialux*, *Lightscape* и др. В данную программу можно импортировать файлы из *AutoCad*, *SolidWorks*.

Многочисленное моделирование различных конструкций светопроводящего тракта выявило два варианта исполнения ГС с КПД близким к 90-100% [28]:

- конструкция с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра с помощью СБИС;
- конструкция с переходом от трубы к усилителю с помощью СБИС.

2.2.1. Конструкция с переходом от трубы малого диаметра к трубе большего диаметра с помощью СБИС

В первую очередь в программе автоматизированного проектирования *AutoCAD* была построена трехмерная модель конструкции с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра с помощью СБИС (рис. 11) и экспортирована в программу *LightTools*.

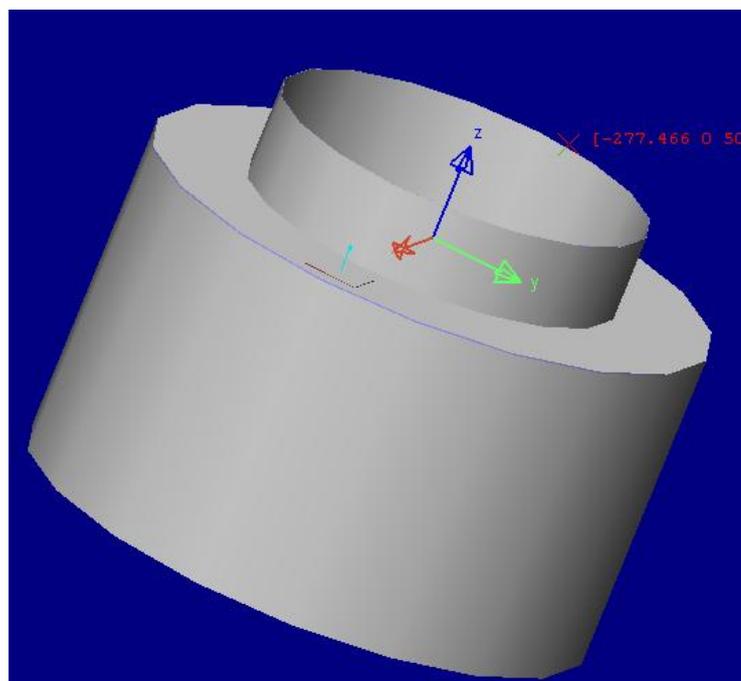


Рис. 11. Трехмерная модель конструкции с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра с помощью СБИС

Далее были построены источники света, заданы их световой поток и параметры поверхностей объекта. После программа просчитала ход лучей. Результат расчёта представлен на рисунке 11:

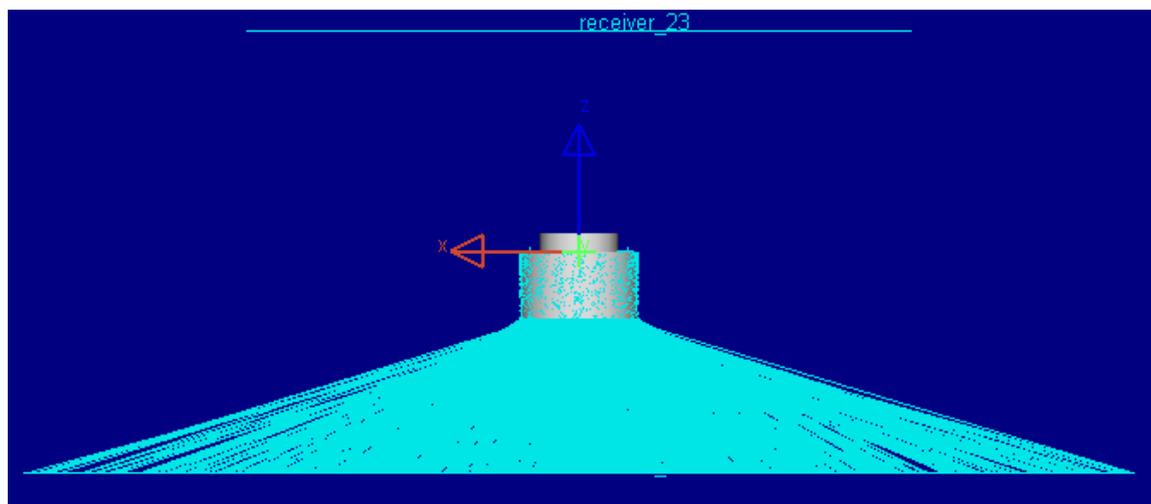


Рис. 11. Результат расчёта хода лучей в программе *LightTools* конструкции с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра с помощью СБИС

Проведем оценку КПД рассматриваемой модели. На рисунке 12 представлен результат измерения световых характеристик конструкции с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра с помощью СБИС.

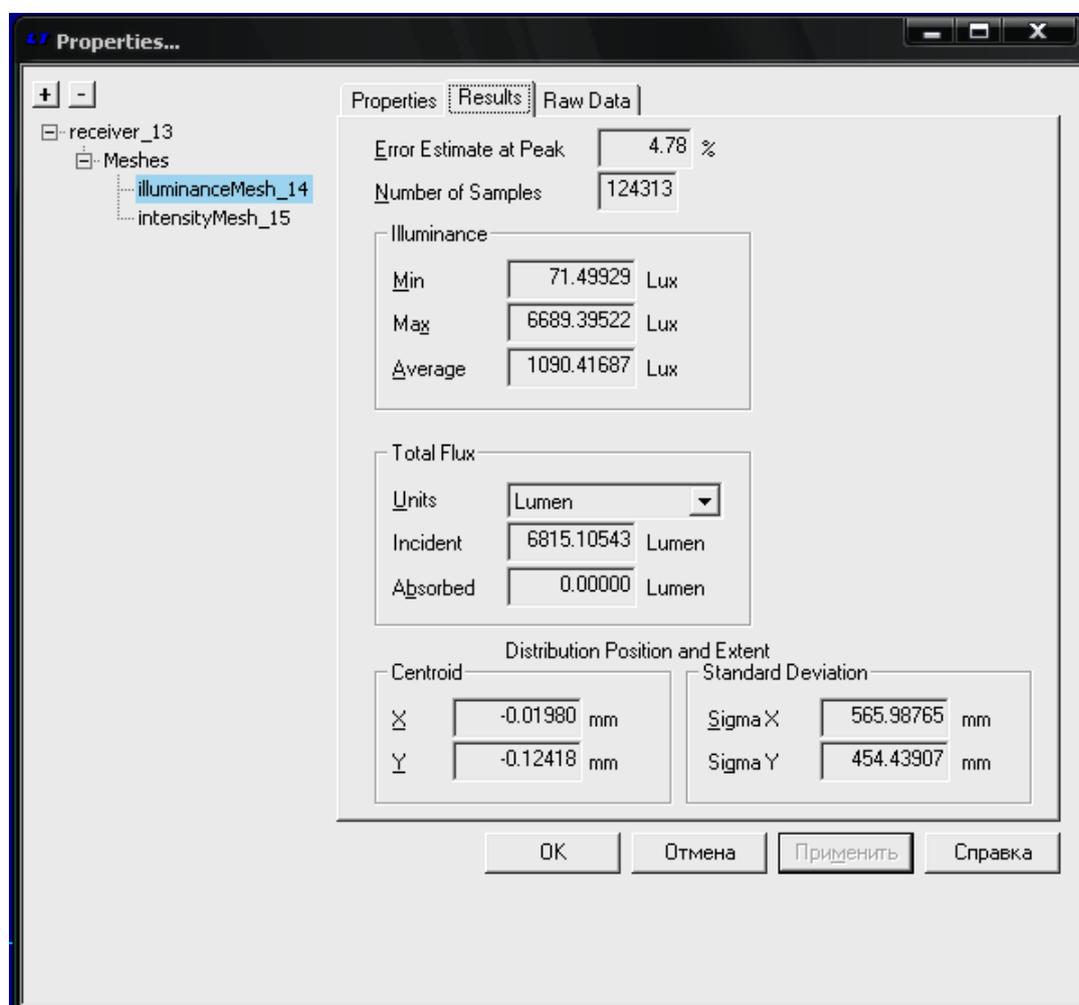


Рис. 12. Результат измерения световых характеристик конструкции с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра с помощью СБИС

При условии, что задан суммарный световой поток в 8380 лм, был получен световой поток в 6815 лм, т.е. КПД светопроводящего тракта конструкции с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра с помощью СБИС примерно равен 82 %.

Ввиду того, что КПД равен 82,5% и отсутствует паразитный свет (рис. 11), конструкция с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра с помощью СБИС является подходящей для реализации ГС.

Рассмотрим КСС данной модели (рис. 13):

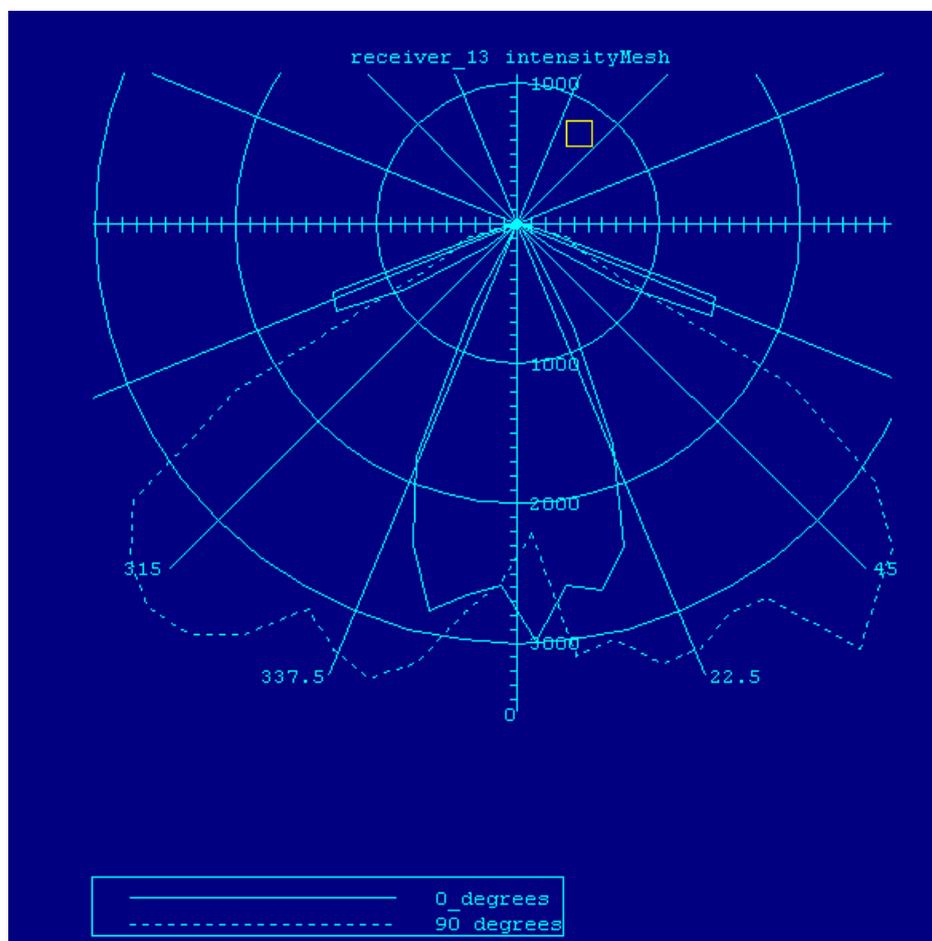


Рис. 13. КСС конструкции с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра с помощью СБИС

Из рисунка 13 видно, что конструкция имеет широкую КСС (штрихпунктирная линия), но имеет низкие значения по оси отличающейся на 90 градусов (сплошная линия). Это связано с тем что в данной модели используется два СМ, расположенных на одной линии. Сделать КСС равномерной по всем осям светильника поможет установка дополнительных СМ, расположенных на линии, перпендикулярной имеющейся. Отсюда следует

вывод, что минимальное количество СМ в ГС должно быть не менее четырёх штук.

2.2.2. Конструкция с переходом от трубы к усилителю с помощью СБИС

В первую очередь в программе автоматизированного проектирования *AutoCAD* была построена трехмерная модель конструкции с переходом от трубы к усилителю через монтажную панель (рис. 114) и экспортирована в программу *LightTools*.

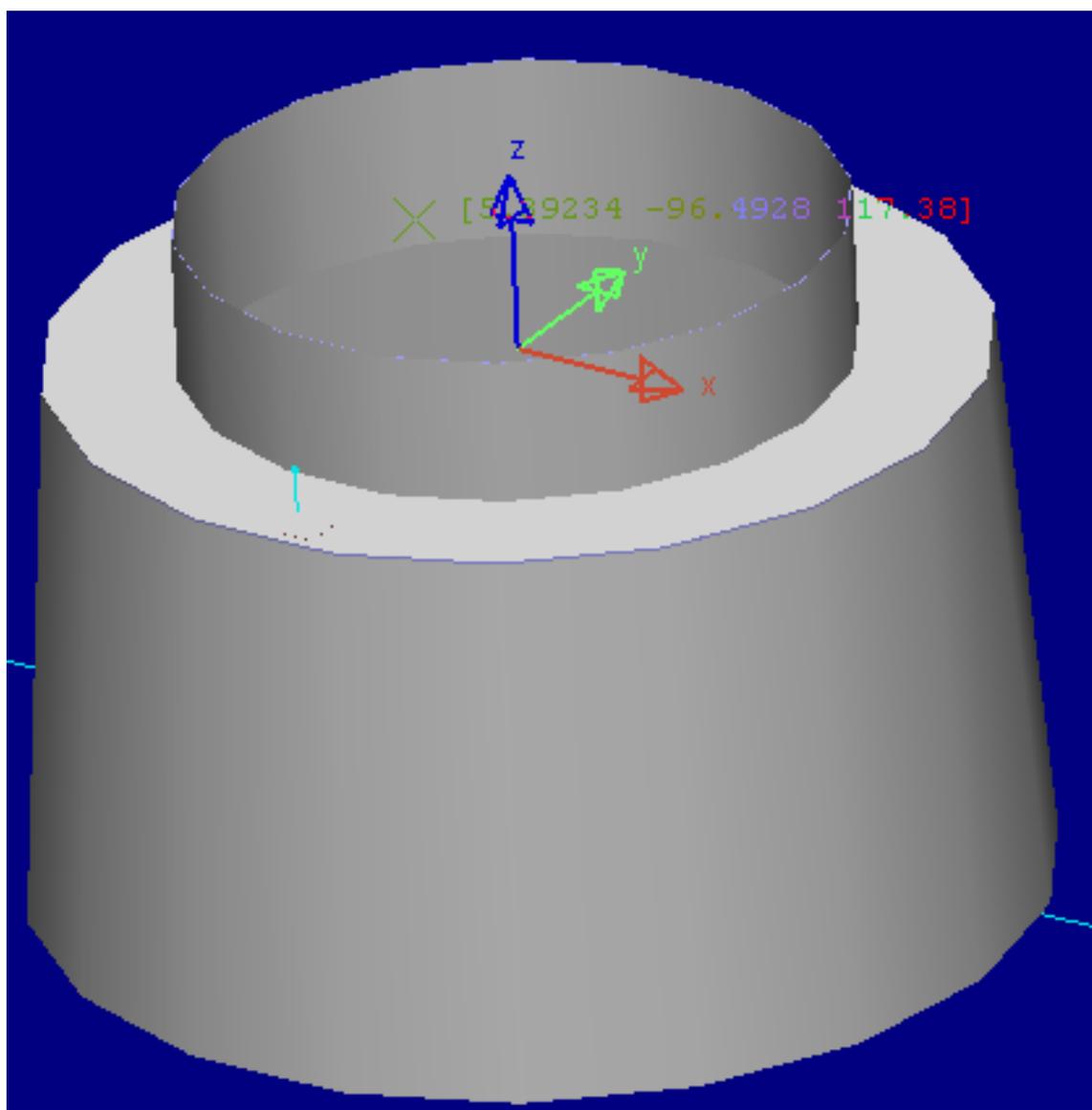


Рис. 14. трехмерная модель конструкции с переходом от трубы к усилителю с помощью СБИС

Далее были построены источники света, заданы их световой поток и параметры поверхностей объекта. После, программа просчитала ход лучей. Результат расчёта представлен на рисунке 15.

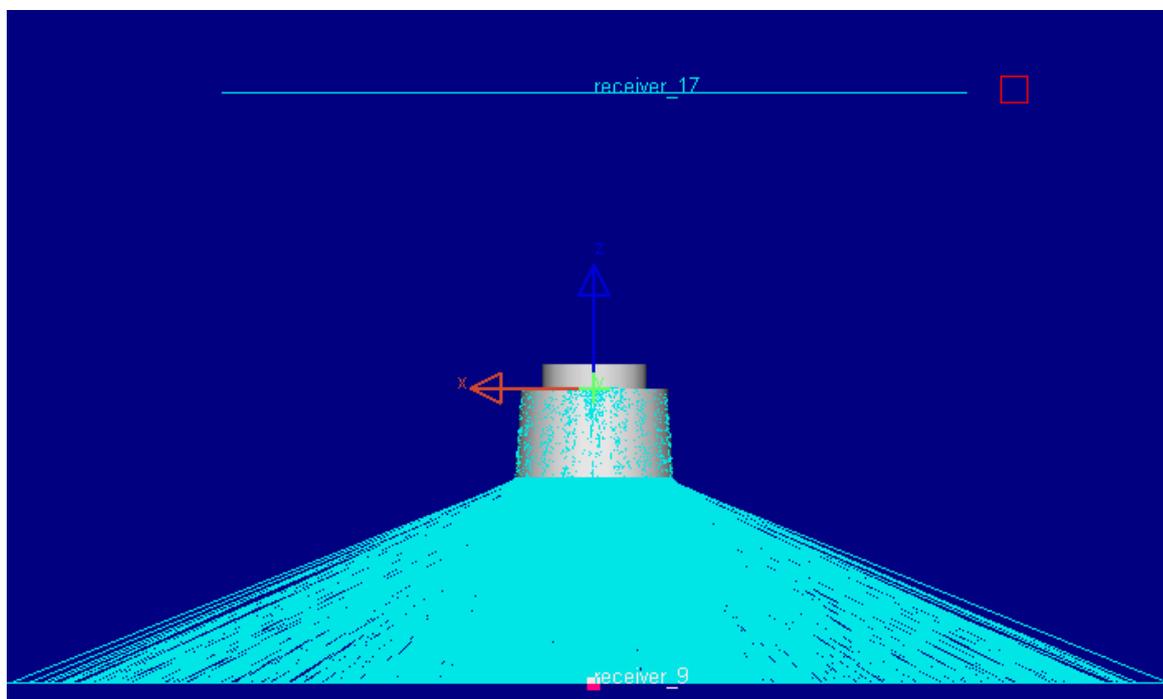


Рис. 15. Результат расчёта хода лучей в программе *LightTools* конструкции с переходом от трубы к усилителю с помощью СБИС

Проведём оценку КПД рассчитываемой модели. На рисунке 16 представлен результат измерения световых характеристик конструкции с переходом от трубы к усилителю с помощью СБИС.

При условии, что задан суммарный световой поток в 8380 лм, был получен световой поток в 7760 лм, т.е. КПД светового тракта конструкции с переходом от трубы к усилителю с помощью СБИС примерно равен 93 %.

Ввиду того, что КПД равен 93% и отсутствует паразитный свет (рис. 15), конструкция с переходом от трубы к усилителю с помощью СБИС является подходящей для реализации ГС.

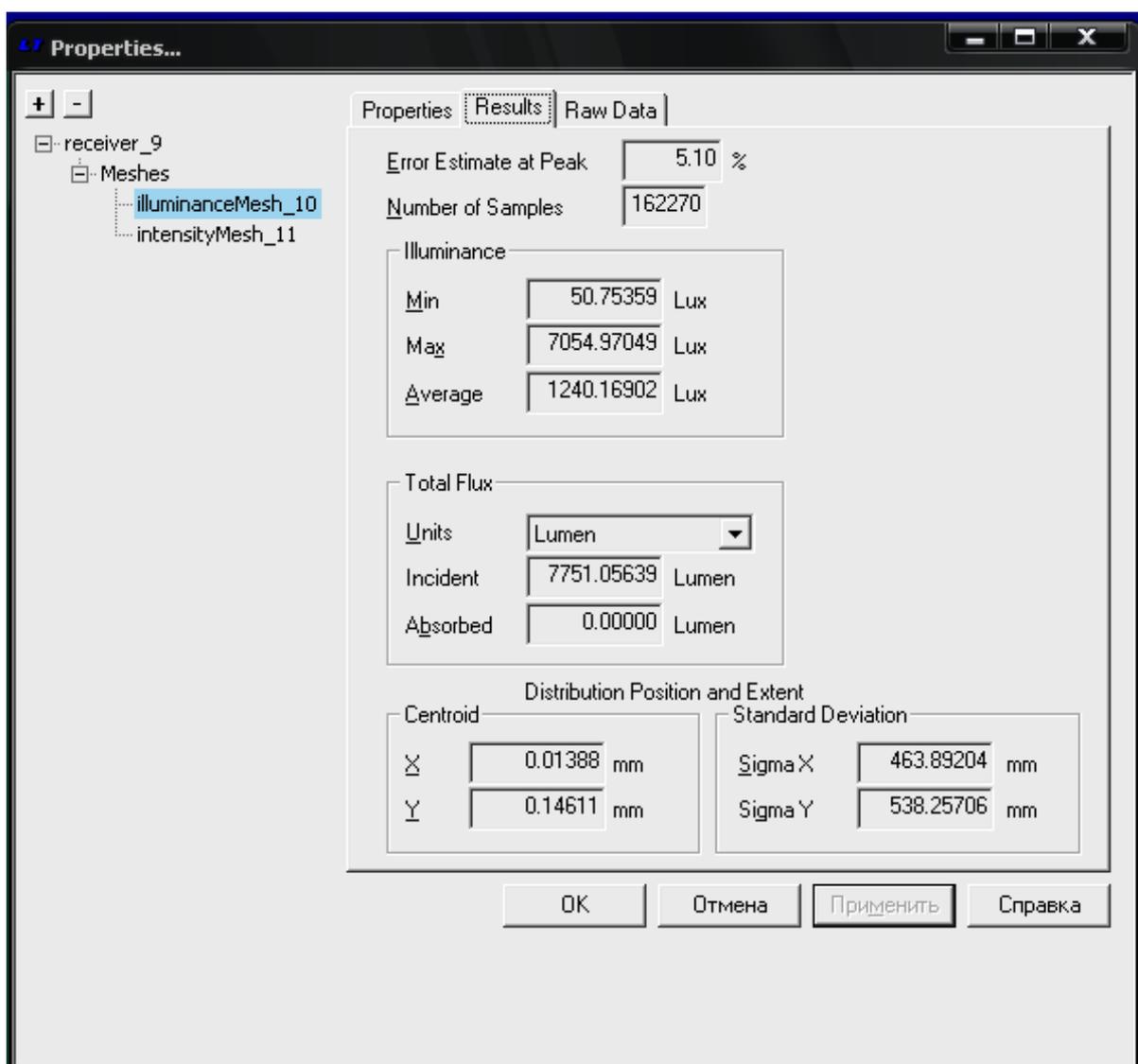


Рис. 16. Результат измерения световой способности конструкции с переходом от трубы к усилителю с помощью СБИС

Из КСС (рисунок 17) видно, что конструкция с переходом от трубы к усилителю имеет такую же КСС, как и конструкция с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра. Следовательно, минимальное количество СМ – 4 штуки.

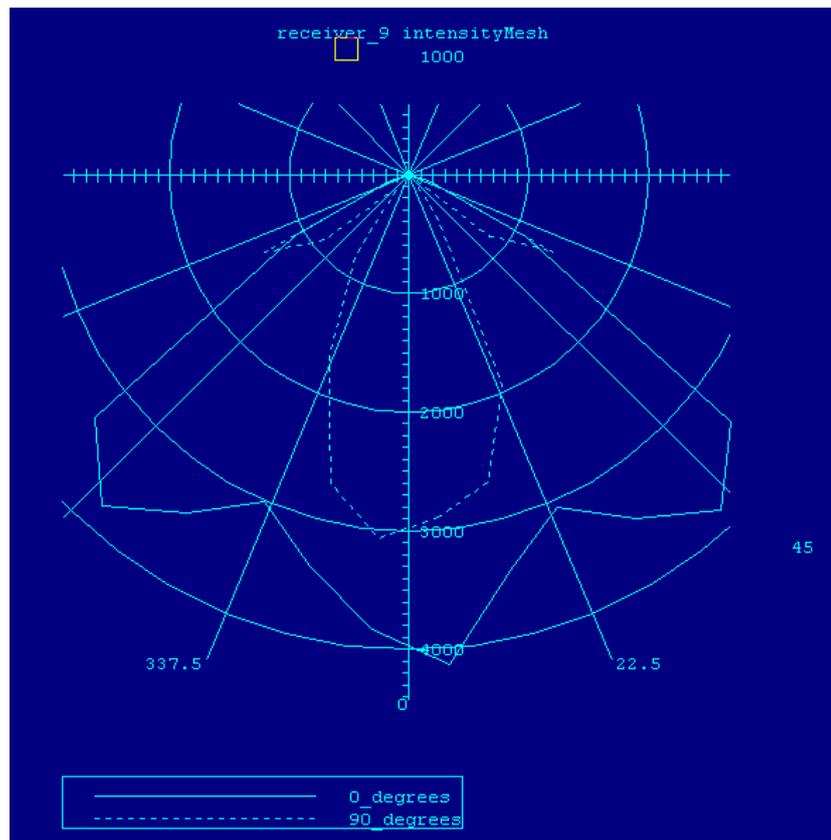


Рис. 17. КСС конструкции с переходом от трубы меньшего диаметра к трубе большего диаметра через монтажную панель

2.3. Расчет теплового режима

Важнейшим параметром светильника является надежность и долговечность. Известно, что эти характеристики непосредственно зависят от теплового режима светодиодных модулей. В этой связи выполнен теплотехнический расчет конструкции гибридного светильника в зоне расположения светодиодного блока искусственного света. Тепловое поле светильника характеризуется средней и локальной температурами, величины которых зависят от мощности светодиодных модулей, режима охлаждения и материала стенок светильника.

2.3.1. Условия построения теплового баланса

Для построения теплового баланса необходимо задать:

- 1) Температура $t_v = const$ для всех внутренних элементов бордюра, включая купол, трубу ПТС;

- 2) Условие охлаждения стенок бордюра – теплопроводность;
- 3) Теплоотвод происходит с боковых и верхней поверхности бордюра, включая купол;
- 4) Нагрев осуществляется за счет тепловой мощности LED-модулей, равной $P_{LED} = (1 - \eta_{LED}) = a \cdot P_{LED}$ (η_{LED} = КПД модуля);
- 5) Тепловая мощность передается от LED-модулей к стальному диску и равномерно распределяется внутри бордюра.

2.3.2. Допущения

Расчет проводился для ГС, выполненного на базе ПТС М74 (диаметр трубы 740мм), в режиме максимальной мощности СБИС: на монтажной панели 20шт. СМ суммарной мощностью $P_{max} = 600$ Вт. Температура окружающей среды принята равной $t_0 = 30^\circ\text{C}$. Температура стенки бордюра равна температуре воздуха в объеме бордюра, т.е. $t_{cm} = t_v$. Уравнение теплового баланса сводится к нахождению t_{cm} .

2.3.2. Расчёт

В основе расчета теплового режима гибридного светильника лежит уравнение, которое в общем случае можно записать в следующей форме:

$$Q_{\text{подв.}} = Q_{\text{отв.}} \quad (1)$$

При этом предполагается, что, нагрев происходит изнутри за счет энергии отводимой от светодиодного модуля, а отвод от внешних стенок бордюра.

Мощность $Q_{\text{подв.}}$, идущая на нагрев можно найти по следующей формуле:

$$Q_{\text{подв.}} = a \cdot P_{LED}, \quad (2)$$

где коэффициент a – это максимальные потери светодиодных модулей, который равен 0,7, а P_{LED} – это суммарная мощность светодиодных модулей, которая равна 60 Вт.

Отводимая от светильника мощность определяется мощностью тепловых потоков с поверхности путем излучения и теплопроводности. Конвекция не играет значительной роли в теплоотводе.

Удельные потери мощности путем лучеиспускания определяется плотностью излучения с поверхности (закон Стефана-Больцмана):

$$q_{\text{изл.}} = \varepsilon_{\text{ст}} \cdot \sigma_0 \cdot (T_{\text{ст}}^4 - T_0^4), \quad (3)$$

где $\varepsilon_{\text{ст}}$ – коэффициент излучения материалы бордюра равный 0,28 [3]; σ_0 – постоянная Стефана-Больцмана, равная $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ [4]; $T_{\text{ст}}$ – искомая температура стенки бордюра в К; T_0 – температура окружающей среды, равная 303 К.

Удельные потери мощности путем теплопередачи в окружающую среду в случаях естественной конвекции могут быть определены уравнением:

$$q_{\text{T}} = \alpha \cdot (t_{\text{ст}} - t_0), \quad (4)$$

где α – полный коэффициент внешнего теплообмена поверхности бордюра с окружающей средой; $t_{\text{ст}}$ – искомая температура стенки бордюра в °С; t_0 – температура окружающей среды, равная 30°С.

Величина α может быть определена из следующей приближенной формуле:

$$\alpha = A \cdot d^{-0,25} \cdot (t_{\text{ст}} - t_0)^{0,25}, \quad (5)$$

где A – коэффициент зависящий от рода окружающего бордюром газа и его давления; d – диагональ бордюра в см.

Для случая работы в спокойном воздухе при $T_0 = 303 \text{ К}$ и нормальном давлении значение $A = 4,5 \cdot 10^{-4}$.

Диагональ бордюра можно найти по следующей формуле:

$$d = \sqrt{x^2 + y^2 + h^2}, \quad (6)$$

где $x = 685,5$; $y = 685,5$; $h = 40$ - длина, ширина, высота бордюра соответственно, в см.

Тогда

$$q_T = A \cdot d^{-0,25} \cdot (t_{\text{ст}} - t_0)^{1,25}, \quad (7)$$

Отводимая с поверхности бордюра мощность выразится уравнением:

$$Q_{\text{отв.}} = [\varepsilon_{\text{ст}} \cdot \sigma_0 \cdot (T_{\text{ст}}^4 - T_0^4) + d^{-0,25} \cdot (t_{\text{ст}} - t_0)^{1,25}] \cdot S, \quad (8)$$

где S – площадь поверхности бордюра, которую можно найти по формулам:

$$S_{\text{полн.}} = x \cdot y + x \cdot h + y \cdot h, \text{ м}^2 \quad (9)$$

$$S_{\text{осн.}} = x \cdot y, \text{ м}^2 \quad (10)$$

Тогда

$$S = (x \cdot y + x \cdot h + y \cdot h) - (x \cdot y), \text{ м}^2 \quad (11)$$

Полное уравнение теплового баланса светильника примет вид:

$$a \cdot P_{LED} = [\varepsilon_{\text{ст}} \cdot \sigma_0 \cdot (T_{\text{ст}}^4 - T_0^4) + d^{-0,25} \cdot (t_{\text{ст}} - t_0)^{1,25}] \cdot S. \quad (12)$$

Результат расчёта приведен в таблице 2:

Результаты расчетов показали, что комфортный температурный диапазон для СМ (не более 80°C) обеспечивается при максимальной температуре стенок бордюра 65°C . В реальных условиях эксплуатации ГС такой нагрев мало вероятен, что позволяет говорить о том, что конструкция обеспечивает высокую надежность и долговечность светильника. [25]

Таблица 2. Результаты расчёта теплового режима конструкции ГС

T0, К	Tст, К	tст, С	t0, С	qизл., Вт	qтепл., Вт	Qотв. Сумм, Вт	Qподв=Pled*0,7, Вт
303	333	60	30	140,24	211,80	352,05	420
	334	61		145,62	220,67	366,29	
	335	62		151,05	229,60	380,65	
	336	63		156,53	238,60	395,13	
	337	64		162,06	247,67	409,73	
	338	65		167,63	256,81	424,45	
	343	70		196,27	303,46	499,73	

2.4. Характеристики и показатели гибридного светильника

Гибридный светильник – это продукт эволюции систем совмещенного освещения, который обладает следующими рекордными параметрами (таблица 3):

Таблица 3. Показатели ССО на базе ГС

№ пп	Показатель	Значение	Примечание
1.	Удельная установленная мощность* осветительной системы, $P_{уд}$, Вт/м ²	3	$P_{уд}$: ЛН – 65, КЛЛ – 15, ЛЛ (Т5) – 8, МГЛ – 9, LED – 6 Вт/м ² – тип ламп**
2	Высота установки, м	3 - 20	Высота потолка помещения
3	Электрическая мощность светильника, Вт	60 - 600	Электрическая мощность СБИС
4	Световой поток, лм	≥ 60000	ПТС- естественный свет
		$\geq 6000 - 60000$	СБИС- искусственный свет
		$\geq 6000 - 60000$	ПТС + СБИС + САУ

Продолжение таблицы 3. Показатели ССО на базе ГС

5	Световая отдача, приведенная к суточному (годовому) циклу работы, лм/Вт	≥ 320	Физический предел световой отдачи светодиодов – 280 лм/Вт	
6	Расстояние транспортировки света с потерями не более 5%, м	≥ 20		
7	cos φ	0,95		
8	Электрические сети питания	U = 220/380В f = 50Гц	Промышленные сети	
9	Управляемость светильника	совместим с САУ		
10	Качество цветопередачи, R _a	≥ 95	Идеальный свет	
11	Степень защиты от воздействия внешней среды, IP	42		
12	Возможность применения для аварийного освещения	да		
13	Эффект энергосбережения, %	не менее 65%	Сравнение с ОУ**** на светильниках с МГЛ	
14	Характеристика освещенности объекта в течение суток, E*** _{норм} , лк	E _{норм} = const	ПТС + СБИС + САУ	
15	Срок службы, лет/час	Solatube	30 лет	
		СБИС	10/50000	
		Solatube	10	
		СБИС	5	
17	ГС совместим с типорядом ПТС, диаметр ПТС, мм	350, 530, 740		
18	Световой КПД оптического тракта, не ниже, %.	97		

Продолжение таблицы 3. Показатели ССО на базе ГС

19	Жизненный цикл морального старения	неограничен	гибридный светильник включает постоянно совершенствующиеся компоненты современной электронной техники и технологии
20	Диапазон допустимых температур эксплуатации, °С	-30 - +40	
21	Режим управления	автоматический	Система «Умный дом», управление освещением без участия человека
22	Ремонтопригодность светильника	высокая	Светильник имеет модульную конструкцию, ремонт методом замены отдельных блоков. Ремонт и замена производится групповым способом по истечении полезного (нормативного) срока эксплуатации.

Примечание: * Удельная установленная мощность при $E=300\text{лк}$, $h_{\text{потолка}} \geq 6\text{м}$;

** тип ламп: ЛН – лампа накаливания, КЛЛ – компактная люминесцентная лампа, ЛЛ (Т5) – люминесцентная лампа типа Т5, МГЛ – металлогалогенная лампа, LED – светодиодный светильник;

*** $E_{\text{норм}}$ – нормированный проектный уровень освещенности объекта;

**** ОУ – осветительная установка;

Достижение рекордных параметров обеспечено за счет технологического контроля качества и оптимизации отдельных конструктивных узлов (СМ, СБИС, электронный УБП, САУ) их оригинальной компоновки в единую энергетическую и оптическую систему и оптимизации светотехнических и эксплуатационных параметров всего комплекса системы ГС: оптимальный тепловой режим СМ и СБИС, световой КПД не ниже 97%, энергетический КПД СБИС не ниже 90%, совместимость с САУ, высокая надежность и долговечность.

На рисунке 18 приведена диаграмма, иллюстрирующая эффект энергосбережения при комплексном решении осветительной установки. Максимальный энергосберегающий эффект достигается в случае применения ГС в ССО.

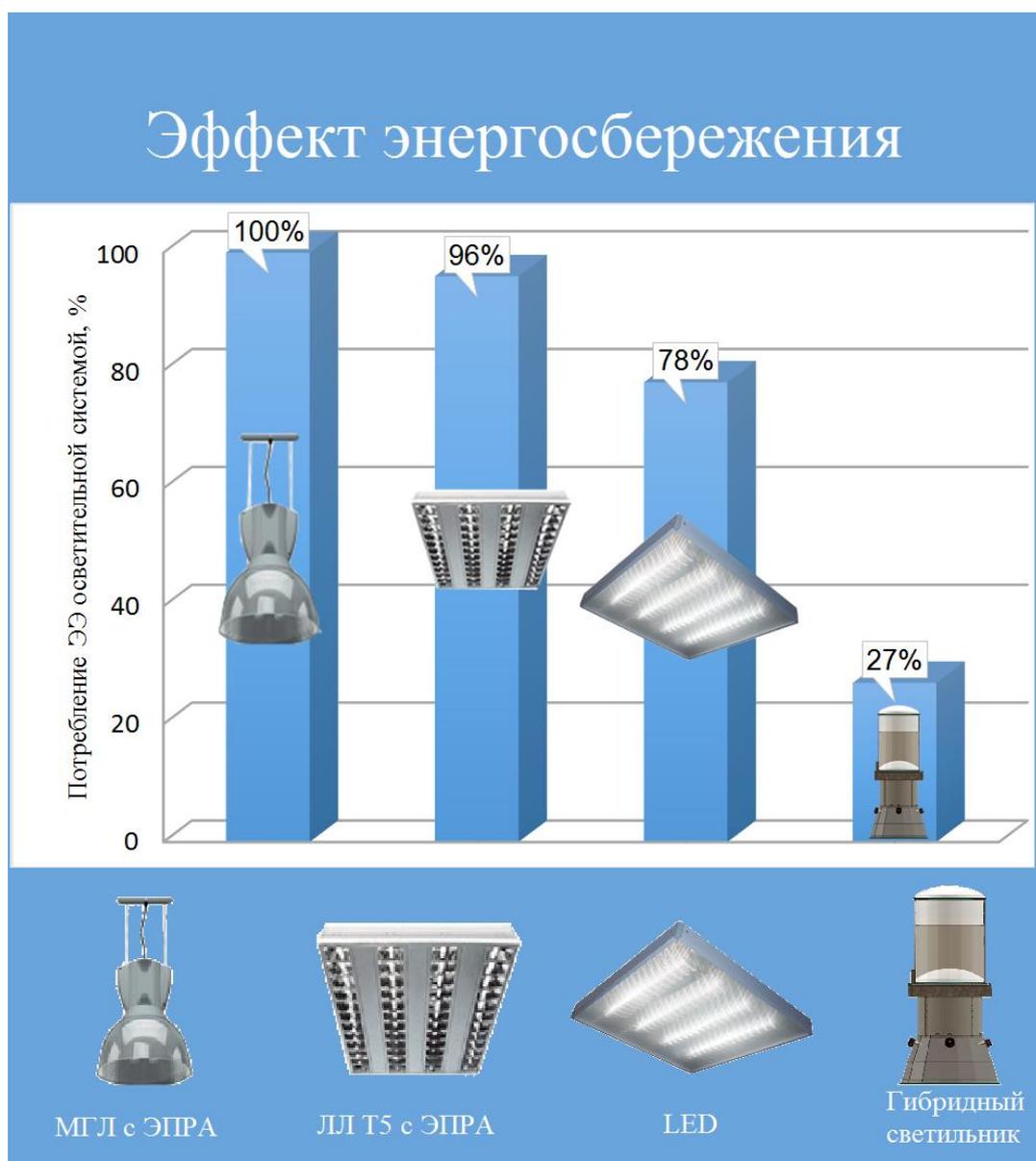


Рис. 18. Эффект энергосбережения при использовании гибридного светильника в системах совмещенного освещения [29]

Глава 3. Техничко-экономическое обоснование типоряда гибридного светильника

Разработка модификаций ГС обуславливается имеющимся на рынке типорядом ПТС. В нашей разработке используются ПТС фирмы *Solatube Inc.*

(США). Согласно [14] существуют следующие виды систем солнечного освещения:

- серия *Brighten Up*®, состоящая из ПТС *Solatube*® 160 DS и *Solatube*® 290 DS. В таблице 4 представлена спецификация каждой модели из серии:

Таблица 4. Спецификация моделей ПТС серии *Brighten Up*®[18,27]

Тип системы солнечного освещения <i>Solatube</i> ®	<i>Solatube</i> ® 160 DS	<i>Solatube</i> ® 290 DS
Диаметр световода, мм	250	350
Эффективная площадь захвата света, см ²	1032	1871
Площадь освещения, м ²	до 10	до 20
Потенциальная длина световода, м	6	9
Световой поток, лм	до 4600	до 9100

- серия *SolaMaster*®, состоящая из ПТС *Solatube*® 330 DS и *Solatube*® 750 DS. В таблице 5 представлена спецификация каждой модели из серии:

*Примечание: разница между моделями серии *SolaMaster*® заключается в отличии светособирающего купола.

Таблица 5. Спецификация моделей ПТС серии *SolaMaster*®[18,27]

Тип системы солнечного освещения <i>Solatube</i> ®	<i>Solatube</i> ® 330 DS	<i>Solatube</i> ® 750 DS
Диаметр световода, мм	530	530
Эффективная площадь захвата света, см ²	4900	2200
Площадь освещения, м ²	до 40	до 45
Потенциальная длина световода, м	16	16
Световой поток, лм	до 13500	До 20500

- серия *SkyVault*, состоящая из ПТС *Solatube® M74* и, разрабатываемой *Solatube® M94*. В таблице 6 представлена спецификация *Solatube® M74*:

Таблица 6. Спецификация моделей ПТС серии *SkyVault*[18,27]

Тип системы солнечного освещения <i>Solatube®</i>	<i>Solatube® M74. Базовая система</i>	<i>Solatube® M74+усилитель*</i>	<i>Solatube® M74+усилитель + коллектор**</i>
Диаметр световода, мм	740	740	740
Площадь освещения, м ²	до 80	до 80	до 80
Потенциальная длина световода, м	30	30	30
Световой поток, лм	до 18500	до 21500	до 35000

*Примечание: *Усилитель конусообразный (рис. 19а) – это дополнительная опция в системе освещения серии SkyVault. Имеет конусообразную форму и предназначен для фокусировки светового потока на плоскость диффузора (рис. 19б). Усилитель уменьшает потери на отражение и рассеивание, увеличивает световой поток, поступающий в помещение, и позволяет сформировать характеристику распределения света для помещений с высокими потолками.*

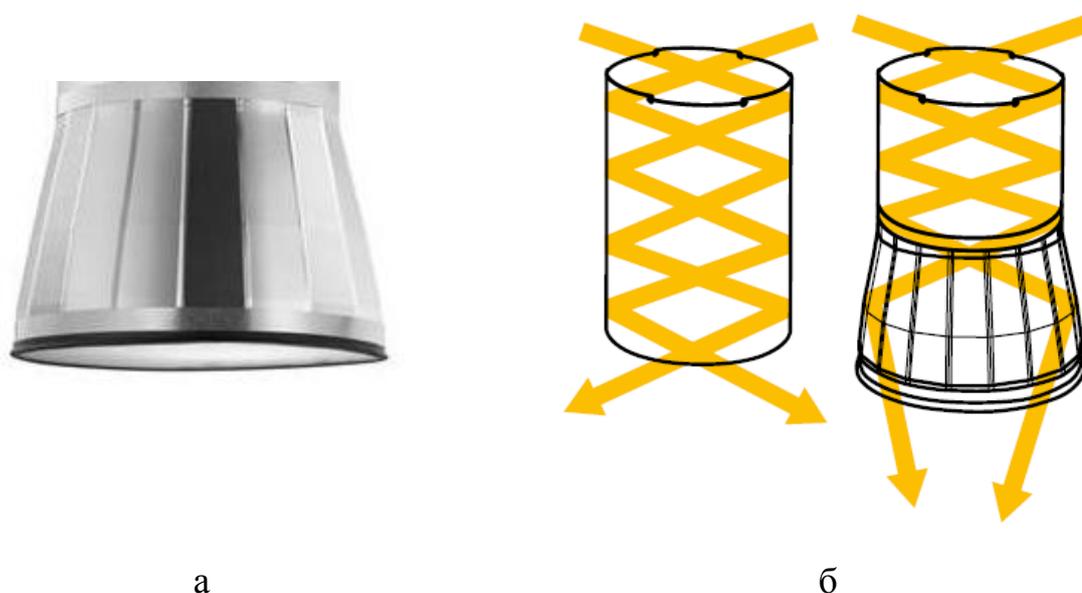


Рис. 19. а - усилитель; б – принцип работы усилителя;

***Коллектор солнечного света (Рис. 20а) – это также дополнительная опция в системе освещения серии SkyVault. Предназначен для эффективного сбора солнечного света даже при низких углах падения лучей (Рис. 20б). Способствует увеличению светового потока, поступающего в помещение.*

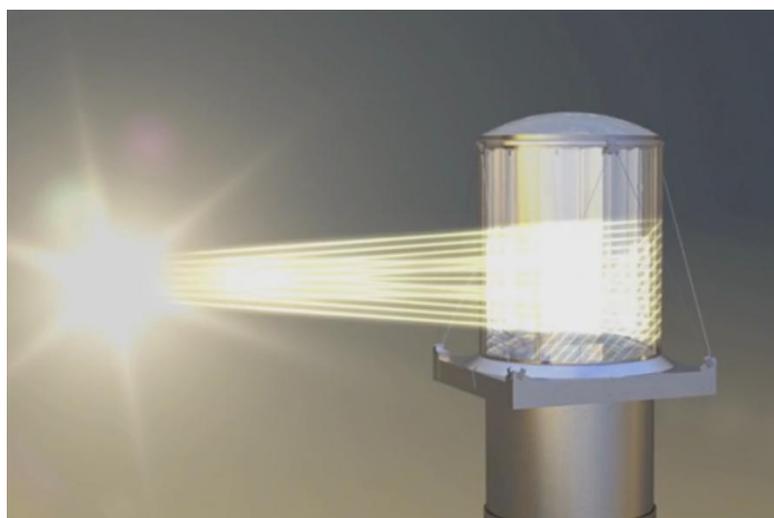
Изучив каждую модель из типоряда ПТС фирмы *Solatube Inc.*, были разработаны следующие конструкции гибридных светильников:

- 1) конструкция №1 – гибридный светильник *DS1*;
- 2) конструкция №2 – гибридный светильник *DS/M74*;
- 3) конструкция №3 – гибридный светильник *M74/M94*;
- 4) конструкция №4 – гибридный светильник *DS/UM74*;
- 5) конструкция №5 – гибридный светильник *M74*;

Выбор каждой из конструкций обусловлен требуемым уровнем освещенности и архитектурной планировки здания.



а



б

Рис. 20. а - коллектор солнечного света; б – принцип работы коллектора солнечного света;

3.1. Конструкция №1 – гибридный светильник DS1

Конструкция №1 включает в себя светособирающий купол и удлинитель световода из серии *Brighten Up*® модели *Solatube*® 290 DS и удлинитель световода с диффузором из серии *SolaMaster*®. Соединение между блоками осуществляется за счёт монтажной панели. Упрощенный чертёж конструкции №1 представлен в приложении В. Ниже приведены параметры гибридного светильника DS1.

Таблица 7. Характеристики конструкции №1 – ГС DS1

Название	Переход, диаметр световодов, мм	Световой поток ЕС, лм	Световой поток ИС*, лм	Количество СМ**, шт.	Мощность ГС***, Вт
Конструкция №1 – ГС DS1	350-530	до 9100	до 12740	4	120

Примечание:

*Световой поток искусственного света рассчитывается по формуле: $\Phi_{ИС} = \Phi_{ЕС} \cdot k_{зап.}$, где $k_{зап.} = 1,4$ - коэффициент запаса.

**Световой поток одного светодиодного модуля равен $\Phi_{СМ} = 3000$ лм.

***Мощность одного светодиодного модуля равна $P_{СМ} = 30$ Вт.

Так как СБИС выносятся на кровлю, применять конструкцию №1 можно в любых помещениях с любой высотой потолков, но целесообразней в небольших помещениях с высотой потолков не более 5 метров. Это может быть, как и административные, офисные помещения, так и детские, учебные учреждения.

3.2. Конструкция №2 – гибридный светильник DS/M74

Конструкция №2 включает в себя светособирающий купол и удлинитель световода из серии *SolaMaster*® и удлинитель световода с диффузором из серии *SkyVault*. Соединение между блоками осуществляется за счёт монтажной

панели. Упрощенный чертёж конструкции №2 представлен в приложении Г. Ниже приведены параметры гибридного светильника *DS/M74*.

Таблица 8. Характеристики конструкции №2 – ГС *DS/M74*

Название	Переход, диаметр световодов, мм	Световой поток ЕС, лм	Световой поток ИС*, лм	Количество СМ**, шт.	Мощность ГС***, Вт
Конструкция №2 – <i>DS/M74</i>	530-740	до 13500	до 18900	6	180

Примечание:

*Световой поток искусственного света рассчитывается по формуле: $\Phi_{ИС} = \Phi_{ЕС} \cdot k_{зап.}$, где $k_{зап.} = 1,4$ - коэффициент запаса.

**Световой поток одного светодиодного модуля равен $\Phi_{СМ} = 3000$ лм.

***Мощность одного светодиодного модуля равна $P_{СМ} = 30$ Вт.

Так как СБИС выносятся на кровлю, применять конструкцию №2 можно в любых помещениях с любой высотой потолков, но целесообразней в небольших помещениях с высотой потолков не более 7 метров. Это может быть, как и административные, торговые, офисные помещения, так и детские, учебные учреждения.

3.3. Конструкция №3 – гибридный светильник *M74/M94*

Конструкция №3 включает в себя светособирающий купол, удлинитель световода и диффузор от усилителя модели *M74* и разрабатываемая светопроводящую трубу диаметром 945 мм. Соединение между блоками осуществляется за счёт монтажной панели. Упрощенный чертёж конструкции №3 представлен в приложении Д. Ниже приведены параметры гибридного светильника *M74/M94*.

Таблица 9. Характеристики конструкции №3 – ГС М74/М94

Название	Переход, диаметр световодов, мм	Световой поток ЕС, лм	Световой поток ИС*, лм	Количество СМ**, шт.	Мощность ГС***, Вт
Конструкция №3 – М74/М94	740-945	до 18500	до 25900	8	240

Примечание:

*Световой поток искусственного света рассчитывается по формуле: $\Phi_{ИС} = \Phi_{ЕС} \cdot k_{зап.}$, где $k_{зап.} = 1,4$ - коэффициент запаса.

**Световой поток одного светодиодного модуля равен $\Phi_{СМ} = 3000$ лм.

***Мощность одного светодиодного модуля равна $P_{СМ} = 30$ Вт.

Так как СБИС выносятся на кровлю, применять конструкцию №3 можно в любых помещениях с любой высотой потолков, но целесообразней в больших помещениях с высотой потолков от 8 метров. Это может быть, как и административные, торговые, складские, промышленные здания, крытые спортивные комплексы, так и детские, учебные учреждения.

3.4. Конструкция №4 – гибридный светильник DS/УМ74

Конструкция №4 включает в себя светособирающий купол и удлинитель световода из серии *SolaMaster*® и усилитель диффузором из серии *SkyVault*. Соединение между блоками осуществляется за счёт монтажной панели. Упрощенный чертёж конструкции №4 представлен в приложении Е. Ниже приведены параметры гибридного светильника *DS/УМ74*.

Таблица 10. Характеристики конструкции №4 – ГС *DS/UM74*

Название	Переход, диаметр световодов, мм	Световой поток ЕС, лм	Световой поток ИС*, лм	Количество СМ**, шт.	Мощность ГС***, Вт
Конструкция №4 – <i>DS/UM74</i>	530-740	до 15500	до 21700	8	240

Примечание:

*Световой поток искусственного света рассчитывается по формуле: $\Phi_{ИС} = \Phi_{ЕС} \cdot k_{зап.}$, где $k_{зап.} = 1,4$ - коэффициент запаса.

**Световой поток одного светодиодного модуля равен $\Phi_{СМ} = 3000$ лм.

***Мощность одного светодиодного модуля равна $P_{СМ} = 30$ Вт.

Применять конструкцию №4 можно в любых помещениях с любой высотой потолков, но так как монтажная панель со светодиодными модулями находится перед усилителем, целесообразней ГС *DS/UM74* применять в различных помещениях с высотой потолков до 8 метров, при условии, если имеется чердак или иной подход к ГС. Это может быть, как и административные, торговые, офисные помещения, так и детские, учебные учреждения.

3.5. Конструкция №5 – гибридный светильник *M74*

Конструкция №5 включает в себя светособирающий купол, удлинитель световода и усилитель солнечного света диффузором из серии *SkyVault*. Соединение между световодом и усилителем осуществляется через монтажную панель. Упрощенный чертёж конструкции №5 представлен в приложении Ж. Ниже приведены параметры гибридного светильника *M74*.

Таблица 11. Характеристики конструкции №5 – ГС М74

Название	Переход, диаметр световодов, мм	Световой поток ЕС, лм	Световой поток ИС*, лм	Количество СМ**, шт.	Мощность ГС***, Вт
Конструкция №5 –М74	740-усилитель	до 35000	до 49000	16	480

Примечание:

*Световой поток искусственного света рассчитывается по формуле: $\Phi_{ИС} = \Phi_{ЕС} \cdot k_{зап.}$, где $k_{зап.} = 1,4$ - коэффициент запаса.

**Световой поток одного светодиодного модуля равен $\Phi_{СМ} = 3000$ лм.

***Мощность одного светодиодного модуля равна $P_{СМ} = 30$ Вт.

Применять конструкцию №5 можно в любых помещениях с любой высотой потолков, но так как монтажная панель со светодиодными модулями находится перед усилителем, целесообразней ГС М74 применять в больших помещениях с высотой потолков от 8 метров, при условии, если имеется чердак или иной подход к ГС. Это могут быть административные, торговые, офисные, складские, промышленные помещения, так и детские, учебные учреждения.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5B	Анцупов Ярослав Валерьевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	Электрические сети и электротехника
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника/Энергосбережение и энергоэффективность

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Определить затраты: - На материалы и покупные изделия - На эксплуатацию датчиков постоянной освещенности
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Не используется
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Оценка научно-технического уровня проекта
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет.	Не разрабатывается
3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение экономической эффективности
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. «Портрет» потребителя результатов НТИ 2. Таблицы оценки вариантов проведения исследования 3. График проведения и бюджет НТИ 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сергейчик С.И.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5B	Анцупов Ярослав Валерьевич		

Глава 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности (потенциала) разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований. Через такую оценку ученый может найти партнера для дальнейшего проведения научного исследования, коммерциализации результатов такого исследования и открытия бизнеса.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, чтобы удовлетворить потребителя, каков бюджет научного проекта, сколько времени потребуется для выхода на рынок и т.д.

Целью данного раздела является определение оценки коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и формирование бюджета научных исследований, определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

В разделе рассмотрена экономическая эффективность от реализации нескольких вариантов реализации системы освещения торгового центра.

4.1 Описание проекта

На долю искусственного освещения в РФ приходится 14% [4]. Долевое участие осветительной нагрузки в структуре потребления электрической энергии в бытовой, коммерческой и бюджетной сфере различно и изменяется в пределах 12-30% применительно к отдельным организациям, предприятиям или домохозяйствам [15].

В подавляющем большинстве регионов РФ сохраняется практика нерационального использования бюджетных средств при возведении новых и капитальном ремонте существующих зданий. Действующий свод правил проектирования общественных зданий и сооружений [16] не предусматривает применение энергетически эффективного осветительного оборудования общего назначения (отсутствуют указания на соблюдение требований энергетической эффективности), что ведет в свою очередь к существенному неэффективному расходованию бюджетных средств на этапе эксплуатации здания.

Необходимость совершенствования и модернизации существующих систем освещения обусловлена огромным потенциалом энергосбережения – снижение расхода электрической энергии до 80% в зависимости от области применения конкретного осветительного прибора [15]. В связи с этим актуальны мероприятия по внедрению энергоэффективных технологий. Вариантом такой техники и технологии являются системы совмещенного освещения, реализующие ресурс естественного света, интегрированные со высокоэффективными источниками искусственного света – светодиодной светотехникой. Это так называемый гибридный светильник.

Инновационные гибридные светильники обладают светоотдачей более 320 лм/Вт, что превышает показатели традиционных светильников в несколько раз. Полный переход на системы совмещенного освещения позволяет не только значительно сократить потребление электрической энергии, но и повысить качество световой среды, которое оказывает существенное влияние на психоэмоциональное состояние людей, снижает утомляемость и повышает производительность труда. Качеству освещения в образовательной сфере

уделяется особо значение, т.к. от него напрямую зависит успеваемость и здоровье учащихся.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

План рассчитываемого торгового зала с мансардными окнами и ГС представлены на рисунках 21 и 22.

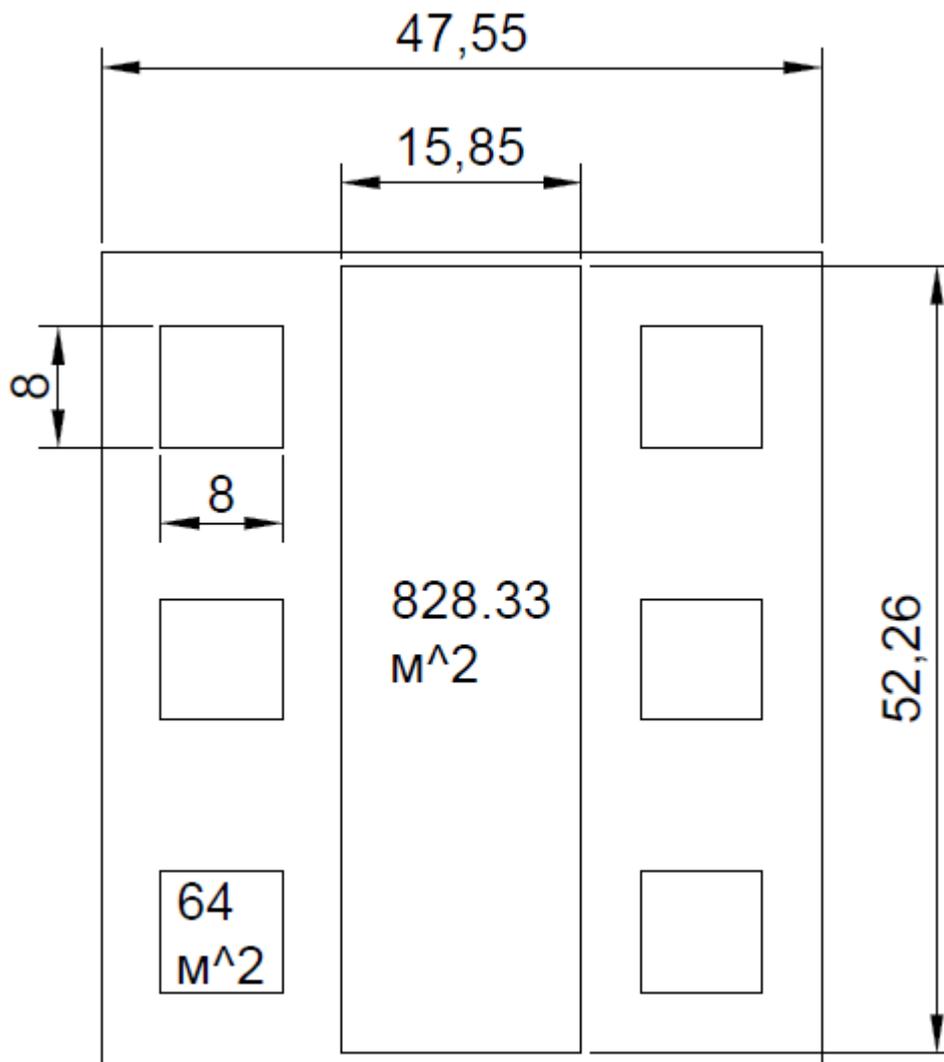


Рис. 21. План рассчитываемого зала с мансардными окнами

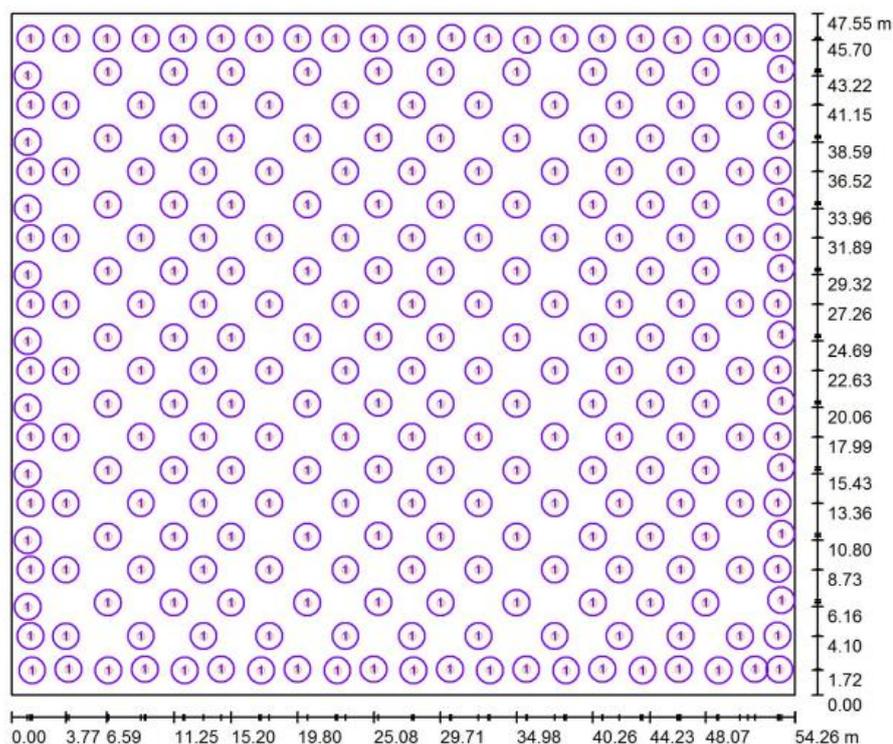


Рис. 22. План рассчитываемого зала с ГС

При проектировании торгового центра предлагается три варианта систем освещения:

Вариант №1. Установка стеклянной крыши и зенитных фонарей* со светильниками на ЛЛ;

Вариант №2. Установка стеклянной крыши и зенитных фонарей* со светодиодными светильниками;

Вариант №3. Установка гибридных светильников.

**Примечание: использование стеклянной крыши необходимо, ввиду обеспечения нормативного коэффициента естественной освещенности помещения.*

Для расчёта потребления ЭЭ искусственным светом требуется знать количество часов его работы. В таблице 12 приведена наружная освещенность за 2016 год по месяцам. Исходя из данных таблицы и требуемой освещённости, рассчитывается время действия освещения естественным светом и искусственным светом.

Таблица 11. Наружная освещенность (в лк) за 2016 год, г.Томск

время	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
10:00	5300	23450	43700	47100	49200	57800	55900	52000	46800	33300	14400	7030
11:00	14100	27660	49850	58000	59000	68800	66400	63000	57600	40420	21470	11480
12:00	15860	33000	51860	62000	63800	75900	72800	71300	67000	42300	22950	13040
13:00	14100	27600	49900	70100	74300	80100	77600	74900	72400	36980	21300	11000
14:00	5300	23500	43700	66900	69000	78900	76100	73600	69000	30190	14000	7000
15:00	3810	13800	33120	60100	61200	75300	73600	64500	61200	20460	7410	2000
16:00	1600	5500	25000	48000	50900	68900	67100	53200	48100	8820	990	200
17:00	320	3100	17000	38000	41000	58500	57100	44000	34600	3900	130	0
18:00	0	1200	10500	35100	37000	46600	45000	38100	23500	320	0	0
19:00	0	560	4800	11300	16800	32400	30600	18600	11200	0	0	0
20:00	0	0	490	1510	5800	16300	14000	7000	2500	0	0	0
21:00	0	0	0	230	1250	6400	4100	1800	240	0	0	0
22:00	0	0	0	0	200	1100	720	340	0	0	0	0

Таким образом рассчитав время действия ЕО и ОС, находим суммарное годовое потребление электрической энергии гибридным светильников в течение года, для каждого варианта аналогично: $W_{\text{год}} = \sum W_{\text{мес}} = \sum (K_{\text{и}} \cdot N \cdot n_{\text{ч}} \cdot n_{\text{д}} \cdot P_{\text{у}} \text{ кВт} \cdot \text{ч};$

$$W_{\text{год1}} = \sum W_{\text{мес}} = (0,8 \cdot 190 \cdot 7126) + (0,8 \cdot 190 \cdot 7126) + \dots \\ + (0,8 \cdot 190 \cdot 7379) = 26405 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

где $W_{\text{мес}}$ – суммарное потребление электроэнергии в месяц, кВт·ч; $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования светильника; N – число световых элементов, шт; $n_{\text{ч}}$ – количество часов в день, ч; $n_{\text{д}}$ – количество дней в месяце, д; $P_{\text{у}}$ – суммарная мощность светильника, Вт.

Суммарное годовое потребление для системы мансардные окна + светодиодные светильники:

$$W_{\text{год2}} = \sum W_{\text{мес}} = (0,7 \cdot 400 \cdot 480) + (0,8 \cdot 400 \cdot 420) + \dots + (0,8 \cdot 400 \cdot 570) \\ = 50400 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

Суммарное годовое потребление для системы мансардные окна + светильники на ЛЛ:

$$W_{\text{год3}} = \sum W_{\text{мес}} = (0,6 \cdot 670 \cdot 448) + (0,8 \cdot 670 \cdot 392) + \dots + (0,8 \cdot 670 \cdot 532) \\ = 78792 \text{ кВт} \cdot \text{ч};$$

Суммарное годовое потребление электрической энергии осветительными установками в рублевом эквиваленте в течение года (при росте тарифной ставки в среднем на 6% ежегодно) рассчитывается для каждого варианта аналогично:

$$C_{\text{год1}} = W_{\text{год1}} \cdot 4 = 44405 \cdot 4 = 177620 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{год2}} = W_{\text{год2}} \cdot 4 = 50400 \cdot 4 = 201600 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{год3}} = W_{\text{год3}} \cdot 4 = 80000 \cdot 4 = 320000 \text{ руб.}$$

4.2.1. Расчёт стоимости осветительной системы - мансардные окна

$$\begin{aligned} \text{Ц}_{\Sigma\text{ал.констр.кровли}} &= 4200 \times 828,33 = 3\,478\,986 \text{ руб.} \\ \text{Ц}_{\Sigma\text{монтаж стеклопакетов}} &= 4000 \times 828,33 = 3\,313\,320 \text{ руб.} \\ \Sigma\text{Ц}_{\text{стекл.кровля}} &= 3\,478\,986 + 3\,313\,320 = 6\,792\,306 \text{ руб.} \\ \text{Ц}_{\Sigma\text{ал.констр.3Ф}} &= 5000 \times 384 = 1\,920\,000 \text{ руб.} \\ \text{Ц}_{\Sigma\text{монтаж стеклопакетов}} &= 4000 \times 384 = 1\,536\,000 \text{ руб.} \\ \Sigma\text{Ц}_{3\text{Ф}} &= 1\,920\,000 + 1\,536\,000 = 3\,456\,000 \text{ руб.} \\ \text{Ц}_{\Sigma\text{утепл.кровли}} &= 500 \times 828,33 = 414\,165 \text{ руб.} \\ \text{Ц}_{\Sigma\text{утепл.3Ф}} &= 500 \times 384 = 192\,000 \text{ руб.} \\ \Sigma\text{Ц}_{\text{утепл.}} &= 414\,165 + 192\,000 = 606\,165 \text{ руб.} \\ \Sigma\text{Ц}_{\text{мансард.}} &= 6\,792\,306 + 3\,456\,000 + 606\,165 = \mathbf{10\,854\,165} \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.2.2. Расчёт стоимости осветительной системы – мансардные окна + LED светильники «Диора NPO Slim 60/7200 prism»

$$\begin{aligned} \Sigma\text{Ц}_{\text{LED}} &= 400 \times 2850 = 1\,140\,000 \text{ руб.} \\ \Sigma\text{Ц}_1 &= 1\,254\,000 + 10\,854\,165 = 11\,994\,165 \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.2.3. Расчёт стоимости осветительной системы – мансардный окна + ЛЛ светильник «ЛПО-Т5 2x28W»

$$\begin{aligned} \Sigma\text{Ц}_{\text{ЛЛ}} &= 670 \times 1680 = 1\,125\,600 \text{ руб.} \\ \Sigma\text{Ц}_2 &= 1\,125\,600 + 10\,854\,165 = 11\,979\,765 \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.2.4. Расчёт стоимости осветительной системы – гибридный светильник

В одном БИС используется 4 светодиодных модуля, 4 источника питания, 1 монтажное кольцо. На все ГС требуется 10 датчиков постоянной освещенности и 1 модульный интерфейс.

$$\begin{aligned} \text{Ц}_{\text{Solatube}} &= \\ &\text{Ц}_{\text{купол}} + \text{Ц}_{\text{флэш.}} + \text{Ц}_{\text{защит.кольцо}} + \text{Ц}_{\text{изол.флэш.}} + \text{Ц}_{\text{удл.ПТС750DS(600мм)}} + \\ &\text{Ц}_{\text{удл.ПТСМ74(1200мм)}} + \text{Ц}_{\text{диффуз.}} = 4571 + 1401 + 310 + 611 + 1272 + 7148 + 2051 \end{aligned}$$

$$= 17\ 364 \text{ руб.}$$

$$\Sigma C_{\text{Solatube}} = 17\ 364 \times 267 = 4\ 631\ 188 \text{ руб.}$$

$$(C_{\text{СМ}} + C_{\text{ИП}}) \times N = (4000 + 2000) \times 267 = 1\ 602\ 000 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ДПО}} \times N + C_{\text{ИМ}} = 3000 \times 10 + 3000 = 33\ 000 \text{ руб.}$$

$$\Sigma C_{\text{БИС}} = 1\ 602\ 000 + 33\ 000 = 1\ 635\ 000 \text{ руб.}$$

$$\Sigma C_{\text{БИС}+\%} = 1\ 635\ 000 \times 2 \times 1,4 = 4\ 578\ 000 \text{ руб.}$$

$$\Sigma C_{\text{БИС}+\text{кольцо}} = \Sigma C_{\text{БИС}+\%} + C_{\text{кольцо}} \times N = 4\ 578\ 000 + 2\ 000 \times 267 = 5\ 112\ 000 \text{ руб.}$$

$$\Sigma C_{\text{ГС}} = 5\ 112\ 000 + 4\ 631\ 188 = 9\ 743\ 188 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ГС}} = 9\ 743\ 188 / 267 = 36\ 500 \text{ руб.}$$

Итого - капитальные затраты:

Мансард + LED, руб.	Мансард + ЛЛ, руб.	ГС
11 994 765	11 979 165	9 743 188

Срок окупаемости рассчитывается для каждого варианта, за базовый вариант взята система освещения мансардные окна + светильник на ЛЛ:

$$PP = \frac{C}{\Delta} = \frac{C_i - C_{i-1}}{C_{\text{год}3} - C_{\text{год}1}} ;$$

$$PP1 = \frac{C}{\Delta} = \frac{C}{C_{\text{год}3} - C_{\text{год}1}} = \frac{9743188}{291852 - 97284} = 4 \text{ года};$$

$$PP2 = \frac{C}{\Delta} = \frac{C}{C_{\text{год}3} - C_{\text{год}1}} = \frac{11994765}{76956} = 12 \text{ лет};$$

$$PP3 = \frac{C}{\Delta} = \frac{C}{C_{\text{год}3} - C_{\text{год}1}} = \frac{1140000}{114612} = 10 \text{ лет};$$

где Δ – суммарная годовая экономия средств при модернизации освещения, руб.

В таблице 13 представлены обобщенные технико-экономические данные модернизации системы освещения торгового зала с помощью ГС.

Таблица 13. Обобщенные технико-экономические данные модернизации системы освещения торгового зала с помощью ГС

№ п/п	Параметр	ЛЛ+мансард	LED+мансард	ГС
1	Средний срок службы светильника	10 000 часов	30 000 часов	10 лет/50 000 часов
2	Количество светильников, шт.	670	400	190
3	Стоимость светильника, руб	2000	2850	40 000
4	Стоимость мансардных окон, руб.	10 900 000	10 900 000	-
5	$\cos\varphi$	0,38	0,85	0,95
6	Суммарное годовое потребление, кВт*ч	72 963	43 560	24 321
7	Суммарное годовое потребление, руб.	291 852	174 240	97 284
8	Суммарная стоимость ОС, руб.	12 194 165	11 994 765	9 743 188

4.3 Оценка эффективности исследования

Эффективность нескольких инвестиционных проектов будет оценена методом определения чистой текущей стоимости и ЧДД – чистого приведенного дохода, на который может увеличиться стоимость мероприятий в результате реализации проекта.

Расчет эффективности основан на данных денежного потока и процедуре дисконтирования денежных потоков, приведенных их к настоящему моменту времени.

Денежный поток рассчитывается отдельно по каждому виду деятельности, по всем видам деятельности на каждом шаге расчета и по всем видам деятельности накопительным итогом. По операционной (текущей) и инвестиционной деятельности принимается во внимание суммарный денежный поток, а по финансовой деятельности, чтобы избежать влияния принципа двойной записи, учитываем только банковский кредит и субсидии на оплату процентов.

В операционной деятельности учитываются текущие денежные потоки: притоки (выручка от реализации продукции, субсидии по банковскому проценту), оттоки (расходы на производство, налоги, проценты по банковскому кредиту).

Прибыль считается только из возможной экономии. Не учитывая возможное изменение цен на оборудование, изменение курса валют или изменение тарифа.

По инвестиционной деятельности присутствуют только оттоки на капитальные вложения, в которых уже учтены затраты на пусконаладочные работы. Вложение первоначальных оборотных активов не выделено отдельной строкой, так как эти средства уже учтены в себестоимости, а, следовательно, в затратах. Реализация имущества по окончании проекта не предполагается.

Цель дисконтирования – привести денежный поток, неравномерно разбросанный по горизонтали планирования, к настоящему моменту, свернуть протяженную линию и оценить эффективность проекта с учетом временного фактора. Ставка дисконтирования определяется спецификой проекта.

Коэффициент дисконтирования, он же фактор или множитель текущей стоимости, рассчитывается на каждом шаге расчета (для каждого года):

$$K_{\partial} = \frac{1}{1 + E^t}$$

где E – ставка дисконтирования за период; t – порядковый номер периода с начала реализации проекта.

Дисконтированный денежный поток представляет собой произведение чистого денежного потока на коэффициент дисконтирования.

Дисконтирование денежного потока оформляется в виде таблицы таким образом, чтобы обеспечить максимальную наглядность и удобство расчетов.

Итоговое значение чистого дисконтированного денежного потока – это показатель ЧДД, или то количество денег, которое планируется получить по достижении горизонта планирования с учетом временного фактора.

Расчет эффективности от применения ГС по сравнению с мансардом + ЛЛ и мансардом+LED приведен в таблицах 14 и 15.

Расчет эффективности от применения варианта 2 относительно варианта 1 представлен в таблице 16.

На рисунке 23 представлен дисконтированный денежный поток с нарастающим итогом от применения ГС по сравнению с вариантами 1 и 2, а также по сравнению 2 и 1 первого варианта.

Таблица 14. ЧДД от варианта применения ГС при сравнении с вариантом №1

№	Параметр	Номер шага (периода) расчета (t)								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Инвестиции	-9 743 188,00	–	–	–	–	–	–	–	–
2	Экономия при модернизации системы освещения	–	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00
3	Экономия при оплате электроэнергии	–	194 568,00	194 568,00	194 568,00	194 568,00	194 568,00	194 568,00	194 568,00	194 568,00
4	Сальдо	–	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00
5	Коэффициент дисконтирования при ставке дохода 10%	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	0,564	0,513	0,466
6	Дисконтированное сальдо	-9 743 188,00	2 209 365,41	2 007 630,2	1 825 339,3	1 660 062,2	1 509 368,4	1 370 827,4	1 246 869,6	1 132 634
9	Денежный поток нарастающим итогом	-9 743 188,00	-7 533 822,6	-5 526 192,4	-3 700 853,1	-2 040 790,9	-5 314 422,45	839 404,93	2 086 274,5	3 218 908,5

Таблица 15 ЧДД от варианта применения ГС при сравнении с вариантом №2

№	Параметр	Номер шага (периода) расчета (t)								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Инвестиции	-9 743 188,00	–	–	–	–	–	–	–	–
2	Экономия при модернизации системы освещения	–	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00	2 235 977,00
3	Экономия при оплате электроэнергии	–	194 568,00	194 568,00	194 568,00	194 568,00	194 568,00	194 568,00	194 568,00	194 568,00
4	Сальдо	–	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00	2 378 777,00
5	Коэффициент дисконтирования при ставке дохода 10%	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	0,564	0,513	0,466
6	Дисконтированное сальдо	-9 743 188,00	2 209 365,41	2 007 630,2	1 825 339,3	1 660 062,2	1 509 368,4	1 370 827,4	1 246 869,6	1 132 634
9	Денежный поток нарастающим итогом	-9 743 188,00	-7 533 822,6	-5 526 192,4	-3 700 853,1	-2 040 790,9	-5 314 422,45	839 404,93	2 086 274,5	3 218 908,5

Таблица 16. ЧДД от варианта 2 при сравнении с вариантом №1

№	Параметр	Номер шага (периода) расчета (t)								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Инвестиции	-1 140 000	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Экономия при модернизации системы освещения	-	219 400,00	219 400,00	219 400,00	219 400,00	219 400,00	219 400,00	219 400,00	219 400,00
3	Экономия при оплате электроэнергии	-	110 600,00	110 600,00	110 600,00	110 600,00	110 600,00	110 600,00	110 600,00	110 600,00
4	Сальдо	-	330 000,00	330 000,00	330 000,00	330 000,00	330 000,00	330 000,00	330 000,00	330 000,00
5	Коэффициент дисконтирования при ставке дохода 10%	1	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	0,564	0,513	0,466
6	Дисконтированное сальдо	-1 140 000	299 970,00	275 580,00	247 830,00	225 390,00	204 930,00	186 120,00	169 290,00	153 780,00
9	Денежный поток нарастающим итогом	-1 140 000	-840 030,00	-567 450,00	-319 620,00	-94 230,00	110 700,00	286 820,00	466 110,00	619 890,00

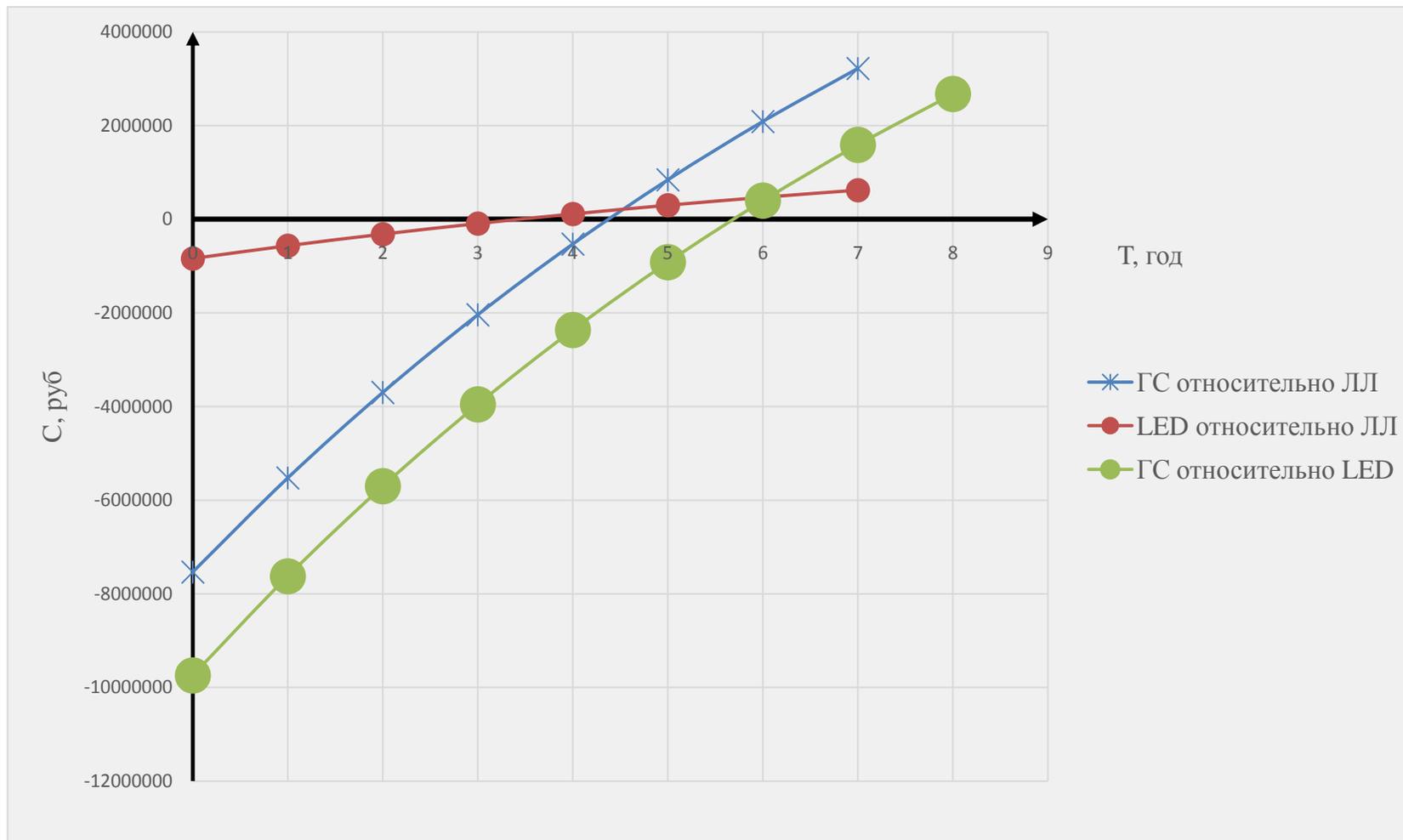


Рис. 23. График дисконтированного денежного потока с нарастающим итогом от реализации различных вариантов модернизации системы общего освещения торгового зала

Индекс рентабельности – это показатель, позволяющий определить, в какой мере возрастет благосостояние инвестора за счет каждого вложенного рубля инвестиций:

$$I_R = \frac{П_{чд}}{K} = \frac{ДД_{\Sigma}}{K_{пр}} = 3,75.$$

Полученное значение индекса рентабельности $3,75 > 1$, следовательно, проект считается абсолютно рентабельным.

Внутренняя норма доходности (ВНД) определяется как значение ставки дисконтирования r , при которой выполняется равенство:

$$K_{пр} = \sum_{t=1}^{30} \frac{D_t}{(1+r)^t};$$
$$9743200 = \sum_{t=1}^{30} \frac{162386}{(1+r)^t} \sim 0,2;$$

Экономический смысл ВНД следующий: значение ВНД соответствует действительной эффективной доходности инвестиций в проект с учетом фактора времени. Обычно проект считается экономически эффективным, если ВНД превышает действующее на момент оценки значение ставки по депозитам надежного банка.

4.4. Выводы по разделу

Использование метода ЧДД обусловлено его преимуществами по сравнению с другими методами оценки эффективности проектов, которые строятся на использовании периода возмещения затрат или годовой норма поступлений, поскольку он учитывает весь срок функционирования проекта и график потока наличностей. Метод обладает достаточной устойчивостью при разных комбинациях исходных условий, позволяя находить экономически рациональное решение и получать наиболее обобщенную характеристику результата инвестирования (его конечный эффект в абсолютной форме).

Период окупаемости ГС относительно варианта 1 – 4 года, относительно варианта 2 – 10 лет. Период окупаемости варианта 2 относительно варианта 1 – 10 лет. Итоговое значение чистого дисконтированного денежного потока – это показатель ЧДД, или то количество денег, которое планируется получить по достижении горизонта планирования с учетом временного фактора.

Исходя из проделанной работы видно, что самый оптимальный выбор для реализации проекта освещения торгового центра является осветительная система на гибридных светильниках.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5B	Анцупову Ярославу Валерьевичу

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭСиЭ
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Разработка энергосберегающего гибридного светильника. Применение гибридных светильников для освещения не имеет ограничений и их целесообразней использовать, как и в небольших офисных помещениях, так и в производственных зданиях больших площадей и высоких потолков (спотивные комплексы, торговые центры, склады, медицинские и образовательные учреждения, промышленные предприятия и др.).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; - действие фактора на организм человека; - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты; - (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - механические опасности (источники, средства защиты); - термические опасности (источники, средства защиты); - электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); - пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Вредные:</p> <ul style="list-style-type: none"> - микроклимат; - освещенность; - шум; - психофизиологические факторы; - электромагнитное излучение. - повышенная яркость света («Синяя опасность»); <p>Опасные:</p> <ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования; - электрический ток; - риск возникновения пожара. <p>Разработка организационных и технических мер по нормализации уровней факторов и защите от их действия</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> - защита селитебной зоны - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); - анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); - разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<ul style="list-style-type: none"> - анализ воздействия объекта ВКР и области его использования на ОС; - разработка решений по обеспечению экологической безопасности
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; - выбор наиболее типичной ЧС; - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; 	<p>Выбор и описание возможных ЧС; типичная ЧС – пожар.</p> <ul style="list-style-type: none"> - разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её

<ul style="list-style-type: none"> – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>последствий.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – специальные правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны оператора.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Извеков В.Н.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5АМ5В	Анцупов Я.В.		

Глава 5. Социальная ответственность

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IS CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Введение

Объект исследования – разработка энергоэффективного гибридного светильника на базе существующих полых трубчатых световодов.

Согласно заданию, требуется разработать опытный образец осветительной установки и провести его фотометрические измерения. Под фотометрическими измерениями понимается измерения выходного светового потока, измерение «паразитного» света. Для выполнения задания требуется разработать конструкцию гибридного светильника посредством компьютерного моделирования, провести сбор и измерения макета.

В разделе будут рассмотрены опасные и вредные факторы, оказывающие влияние на деятельность персонала, работающего с ПЭВМ и инструментами для сбора стенда, рассмотрены воздействия разрабатываемой

системы на окружающую среду, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

5.1. Производственная безопасность

5.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать *объект* исследования

Согласно номенклатуре, опасные и вредные факторы по ГОСТ 12.0.003-74 делятся на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Перечень опасных и вредных факторов, влияющих на персонал в заданных условиях деятельности, представлен в таблице 17.

Эти факторы могут влиять на состояние здоровья, привести к травмоопасной или аварийной ситуации, поэтому следует установить эффективный контроль за соблюдением норм и требований, предъявленных к их параметрам.

Таблица 17. Опасные и вредные факторы при разработке гибридного
светильника

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<ul style="list-style-type: none"> Лабораторное помещение 	<ul style="list-style-type: none"> Микроклимат; Освещенность; Шум; Психофизиологические факторы; Электромагнитное излучение. 	<ul style="list-style-type: none"> Риск возникновения пожара; Электрический ток; 	<ul style="list-style-type: none"> СанПиН 2.2.4-548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений; СНиП 23-05-95 Нормы естественного и искусственного освещения предприятий;
<ul style="list-style-type: none"> Лабораторная техника 	<ul style="list-style-type: none"> Электромагнитное излучение; Шум; Психофизиологические факторы. 	<ul style="list-style-type: none"> Риск возникновения пожара; Электрический ток 	<ul style="list-style-type: none"> ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ Допустимые уровни шумов в производственных помещениях;
<ul style="list-style-type: none"> Светодиодный модули 	<ul style="list-style-type: none"> Повышенная яркость света («Синяя опасность»); Электромагнитные излучения; Психофизиологические факторы; 	<ul style="list-style-type: none"> Риск возникновения пожара Электрический ток; 	<ul style="list-style-type: none"> СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы;

5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований.

В условиях современного интенсивного использования ЭВМ важное значение имеет изучение психофизиологических особенностей и возможностей человека с целью создания вычислительной техники, обеспечивающей максимальную производительность труда и сохранение здоровья людей. Игнорирование эргономики может привести к довольно серьезным последствиям.

При разработке и исследовании гибридного светильника важную роль играет планировка рабочего места. Она должна соответствовать правилам охраны труда и удовлетворять требованиям удобства выполнения работы, экономии энергии и времени оператора.

Основным документом, определяющим условия труда на персональных ЭВМ, являются «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Санитарные нормы и правила СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, которые были введены 30 июня 2003 года.

В Правилах указаны основные требования к помещениям, микроклимату, шуму и вибрации, освещению помещений и рабочих мест, организации и оборудованию рабочих мест.

Основным опасным фактором является опасность поражения электрическим током. Исходя из анализа состояния помещения, лаборатория по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности (согласно ПУЭ).

Основным опасным фактором на рабочем месте проектировщика является острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования, которые используются при сборе макета.

Основным опасным фактором при исследовании ГС является слепящая яркость («синяя опасность») от светодиодных модулей.

5.2. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действий опасных и вредных факторов.

5.2.1. Механические опасности

Основные последствия механических опасностей:

- порезы;
- попадание под удар;
- местный укол или полное прокалывание;
- поверхностное повреждение наружных тканей под действием трения;

К средствам защиты исследователя от механического травмирования (физического опасного фактора) относятся средства индивидуальной защиты:

- специальная одежда;
- защитные очки;
- защитные перчатки.

Спецодежда предназначена для защиты от общих загрязнений и механических воздействий работников различных отраслей промышленности, агропромышленного комплекса, жилищно-коммунального хозяйства, организаций торговли, бытового обслуживания и гостиничного сервиса, сервисных и клининговых служб, медицинского персонала организаций здравоохранения.

Регламентируется стандартом ГОСТ 12.4.280-2014. Настоящий стандарт устанавливает технические требования к спецодежде для защиты от общих загрязнений и механических воздействий, а также материалам для ее изготовления.

Средства защиты глаз и лица предназначены для защиты от воздействия твердых частиц, брызг жидкости и расплавленного металла, пыли, едких газов и различных видов излучения.

Защитные очки выпускают в соответствии с ГОСТ 12.4.003-80 и ГОСТ 12.4.013-85 различных марок и назначений.

Каждая четвертая производственная травма ранит ладони и пальцы. Для общепроизводственных работ предназначены трикотажные защитные перчатки хлопчатобумажные, нейлоновые с покрытием из полиуретана и нитрила. Рельефное покрытие из латекса перчаток обеспечивает мокрый и сухой захват на скользких поверхностях, защиту при работе со стеклом.

ГОСТ Р 12.4.246-2008 «Средства индивидуальной защиты рук, перчатки». Настоящий стандарт распространяется на средства индивидуальной защиты рук (далее - перчатки), применяемые для их защиты от вредного воздействия различных внешних факторов:

- швейные (изготовленные из тканей различного сырьевого состава, искусственных и натуральных кож, трикотажных и нетканых полотен);
- вязаные;
- сварные;
- маканые, штанцованные (латексные и из полимерных материалов, пленочные и на текстильной основе).

Настоящий стандарт устанавливает общие технические требования к ним и методы испытаний готовых изделий в целом.

5.2.2. Требования к помещениям для работы с ПЭВМ

В соответствии с основными требованиями к помещениям для эксплуатации ПЭВМ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) эти помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 м² и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) 4,5 м².

Для внутренней отделки интерьера помещений с ПЭВМ должны использоваться диффузионно-отражающие материалы с коэффициентом отражения от потолка – 0.7 - 0.8; для стен – 0.5 - 0.6; для пола – 0.3 - 0.5.

5.2.3. Микроклимат

Значимым физическим фактором является микроклимат рабочей зоны (температура, влажность и скорость движения воздуха).

Температура, относительная влажность и скорость движения воздуха влияют на теплообмен и необходимо учитывать их комплексное воздействие. Нарушение теплообмена вызывает тепловую гипертермию, или перегрев.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха производственных помещений для работ, производимых сидя и не требующих систематического физического напряжения (категория Ia), приведены в таблице 18, в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 18. Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха

Период года	Категория работы	Температура, С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	22-24	40-60	0,1
Теплый	Ia	23-25	40-60	0,1

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека на период 8-часовой рабочей смены. Они устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах представлены в таблице 19.

Таблица 19. Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работы	Температура воздуха, °С	Относительная влаж. воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более м/с
Холодный	Ia	20-25	15-75	0,1
Теплый	Ia	21-28	15-75	0,1-0,2

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Общеобменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. Периодически должен вестись контроль влажностью воздуха. В летнее время при высокой уличной температуре должны использоваться системы кондиционирования.

В холодное время года предусматривается система отопления. Для отопления помещений используются водяные системы центрального отопления. При недостаточной эффективности центрального отопления должны быть использованы масляные электрические нагреватели.

Радиаторы должны устанавливаться в нишах, прикрытых деревянными или металлическими решетками. Применение таких решеток способствует также повышению электробезопасности в помещениях. При этом температура на поверхности нагревательных приборов не должна превышать 95 °С, чтобы исключить пригорание пыли.

5.2.4. Освещение

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Освещению следует уделять особое внимание, так как при работе наибольшее напряжение получают глаза.

Освещение делится на естественное, искусственное и совмещенное. Совмещенное сочетает оба вида освещения.

На рабочее место исследователя, используется совмещенное освещение.

Для определения приемлемого уровня освещенности в помещении необходимо:

- определить требуемый для исследователя уровень освещенности внешними источниками света;
- если требуемый уровень освещенности не приемлем для других исследователей, работающих в данном помещении, надо найти способ сохранения требуемого контраста изображения другими средствами.

Рекомендуемые соотношения яркостей в поле зрения следующие:

- между рабочими поверхностями не должно превышать 1:3 – 1:5;
- между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования – 1:10.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы, который определяется наименьшим размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и характеристикой фона.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные мониторы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк (СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м². Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 20.

Согласно СНИП 23-05-95 нормы на освещение для лаборатории для научно-технической лаборатории. Эти нормы представлены в таблице 20.

Таблица 20. Нормы на освещение для исследователя

Характер зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Искусственное освещение		Естественное освещение КЕО _н , % при боковом
			Освещенность при системе общего освещения, лк	Коэффициент пульсации, К _п , %	
Различение объектов высокой точности	Б	1	400	Менее 1%	1,0

5.2.4.1. Расчет системы искусственного освещения на рабочем месте исследователя в лаборатории

Расчет системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, размерами: длина $A = 8$ (м), ширина $B = 5$ (м), высота $H = 3,5$ (м), количество светильников $N = 10$ (шт).

Вычисления будут, производится по методу светового потока, предназначенного для расчета освещенности общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей. Согласно отраслевым нормам освещенности уровень рабочей поверхности над полом составляет 0,8 (м) и установлена минимальная норма освещенности $E = 400$ (Лк).

Световой поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_3 \cdot Z \cdot 100 / (n \cdot \eta), \quad (5.1)$$

где: E_n – нормируемая минимальная освещённость по СНиП 23-05-95, (Лк);

S – площадь освещаемого помещения, (м²);

K_3 – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т.е. отражающих поверхностей), (наличие в атмосфере цеха дыма), пыли;

Z – коэффициент неравномерности освещения. Для светодиодных светильников при расчётах берётся равным $Z = 1$;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока, (%);

Φ – световой поток, излучаемый светильником.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ($\rho_{ст}$) и потолка ($\rho_{п}$).

Индекс помещения определяется по формуле

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} \quad (5.2)$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно.

Произведем расчет:

$$h = H - 0,8 = 3,5 - 0,8 = 2,7 \text{ (м)}, \quad (5.3)$$

где h – расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью.

Экономичность осветительной установки зависит от отношения, представленного в формуле:

$$l = \frac{L}{h}, \quad (5.4)$$

где L – расстояние между рядами светильников, м.

Рекомендуется размещать светодиодные светильники параллельными рядами, принимая $l = 0,56$, отсюда расстояние между рядами светильников:

$$L = l \cdot h = 2,7 \cdot 0,56 = 1,52 \text{ (м)} \quad (5.5)$$

Два ряда светильников будут расположены вдоль длинной стены помещения. Расстояние между двумя рядами светильников и стенами вычисляется по формуле:

$$L = (B - L) / 2 = (5 - 1,52) / 2 = 1,74 \text{ (м)} \quad (5.6)$$

Определим индекс помещения, вычисляя по формуле (5.2) получаем:

$$i = 40 / (2,7 \cdot (8+5)) = 0,37. \quad (5.7)$$

Найдем коэффициенты отражения поверхностей стен, пола и потолка.

Так как поверхность стен окрашена в жёлтый цвет с окнами без штор, то коэффициент отражения поверхности стен $P_{ст} = 50\%$. Так как поверхность потолка светлый окрашенный, то коэффициент отражения поверхности потолка $P_{п} = 30\%$.

Учитывая коэффициенты отражения поверхностей стен, потолка и индекс помещения i , определяем значение коэффициента $\eta = 33\%$.

Подставив все значения в формулу (5.1), по которой рассчитывается световой поток одного источника света, получаем:

$$\Phi = (400 \cdot 40 \cdot 1 \cdot 1) / 10 \cdot 0,33 = 4848,5 \text{ (лм)} \quad (5.8)$$

По полученному световому потоку подбираем лампу, наиболее подходящим является светильник *Диора NPO Slim 40/5000 prismco* световым потоком 5000 (лм).

Выразим E из формулы (5.1):

$$E = (5000 \cdot 10 \cdot 0,33) / (40 \cdot 1 \cdot 1) = 450 \text{ (лм)} \quad (5.9)$$

Как видно из расчета, минимальная освещенность в пределах нормы.

Для того чтобы доказать, что использование светодиодного светильника является наиболее рациональным, рассчитаем необходимое количество светильников по формуле:

$$N = \frac{(E \cdot k \cdot S \cdot Z)}{(n \cdot \eta \cdot F)}, \quad (5.10)$$

где E – норма освещенности $E = 400$ (Лк);

k – коэффициент запаса учитывающий старение ламп и загрязнение светильников, $k = 1$;

S – площадь помещения;

Z – коэффициент неравномерности освещения, $Z = 1$;

n – число рядов светильников, $n = 2$;

η – коэффициент использования светового потока, $\eta = 0,33$;

F – световой поток, излучаемый светильником.

Подставим численные значения в формулу (5.10), получим количество светильников в одном ряду:

$$N = (400 \cdot 1 \cdot 40 \cdot 1) / (2 \cdot 5000 \cdot 0,33) = 5 \text{ (шт.)}$$

Длина одного светильника равна 1,2 (м). План размещения светильников представлен на рисунке 24.

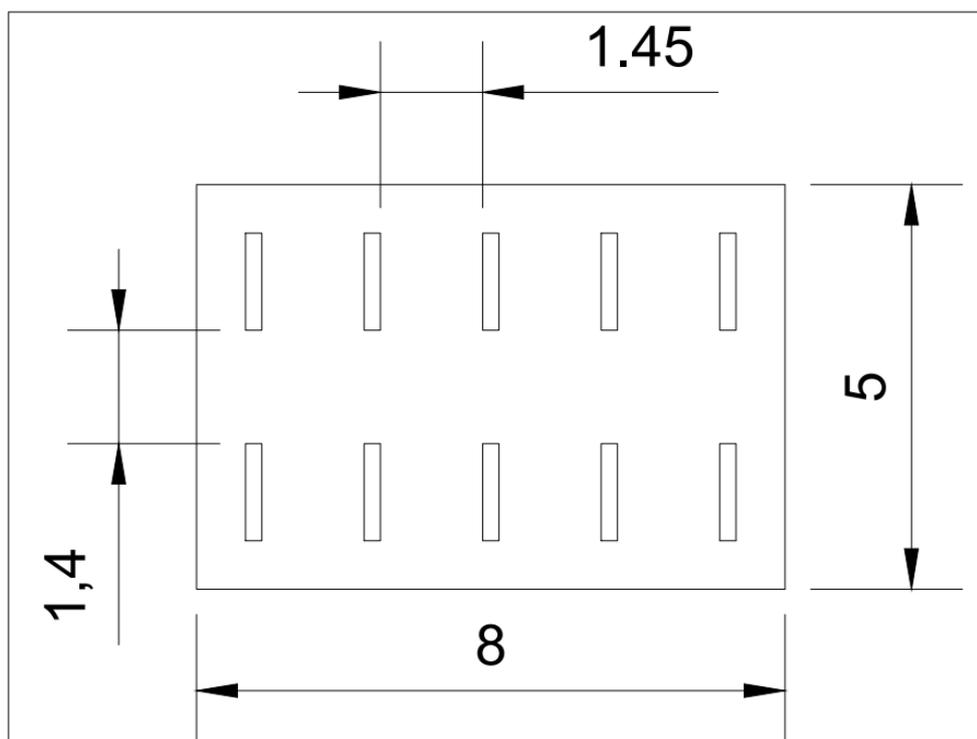


Рис. 24. План размещения светильников в лаборатории

Так как в рассматриваемом помещении количество светильников 10 (шт), по 5 в двух рядах, следовательно, нормы безопасности по искусственному освещению в данном случае соблюдены.

5.2.5. Шум

В производственных условиях имеют место шумы различной интенсивности и частотного спектра, которые генерируются источниками шумов.

Для лабораторного помещения основным источником шума является лабораторная техника.

ПДУ шума для объектов типа научная деятельность нормируются ГОСТ 12.1.003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Значения ПДУ согласно этим документам представлены в таблице 21. (для постоянных шумов)

Таблица 21

Рабочие места	Уровни звукового давления (ДБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
лаборатория	86	71	61	54	49	42	40	38	50

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия по защите от действия шума (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

5.2.6. Электромагнитные излучения

Электромагнитным излучением называется излучение, прямо или косвенно вызывающее ионизацию среды. Контакт с электромагнитными излучениями представляет серьезную опасность для человека, по сравнению с другими вредными производственными факторами (повышенное зрительное напряжение, психологическая перегрузка, сохранение длительное время неизменной рабочей позы).

Источниками в электромагнитных излучений в лаборатории являются ЭВМ, стационарные телефоны и факсы, принтеры, сканеры, Wi-Fi роутеры, электрическая проводка.

Нормы электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ приведены в таблице 22 и таблице 23, в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 22. Временные допустимые ЭМП, создаваемых ПЭВМ

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Таблица 23. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ

на рабочих местах

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		

Для оценки соблюдения уровней необходим производственный контроль (измерения). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия (защита временем, расстоянием, экранирование источника, либо рабочей зоны, замена оборудования, использование СИЗ).

5.2.7. Психофизиологические факторы

Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве – это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03).

Существуют следующие меры по снижению влияния монотонности:

- необходимо применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня;
- соблюдать эстетичность производства.

Для уменьшения физических нагрузок организма во время работы рекомендуется использовать специальную мебель с возможностью регулировки под конкретные антропометрические данные, например, эргономичное кресло.

5.2.8. Электрический ток

Степень опасных воздействий на человека электрического тока зависит от:

- рода и величины напряжения и тока;
- частоты электрического тока;
- пути прохождения тока через тело человека;
- продолжительности воздействия на организм человека;
- условий внешней среды.

Согласно ПУЭ лабораторию по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности.

Основными мероприятиями по защите от электропоражения являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путем использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током, такие как изолирующие устройства и покрытия, знаки безопасности, предохранительные устройства [17];
- использование устройств бесперебойного питания.

Технические способы и средства применяют отдельно или в сочетании друг с другом так, чтобы обеспечивалась оптимальная защита.

Контроль выполнения требований электробезопасности должен проходить на следующих этапах:

- проектирование;
- реализация;

– эксплуатация.

5.2.9. Повышенная яркость света («Синяя опасность»)

Основным опасным фактором при исследовании является так называемая «Синяя опасность», оказывающая сильный вред на органы зрения.

Оптическая система глаза строит на сетчатке изображение видимого мира. И если габаритная яркость какого-то объекта в наблюдаемой сцене высока, его изображение также оказывается ярким. Высокая облученность небольшой области сетчатки приводит к ее тепловому и фотохимическому повреждению. Тепловое повреждение сетчатки происходит немедленно и выражается в тепловом разрушении биологических компонентов клеток. Фотохимическое повреждение, или «повреждение синим светом», развивается в течение 12–24 ч после облучения. И тепловые, и фотохимические повреждения сетчатки видны при офтальмологическом осмотре как депигментация, симптомы проявляются в виде появления слепой области (скотомы) в поле зрения. При сильном повреждении потеря зрения необратима.

Для того чтобы защитить исследователя от слепящей яркости светодиодных модулей следует применять красные защитные очки, приведенные на рисунке 24.



Рис. 24. Защитные очки от слепящей яркости

5.3. Экологическая безопасность

5.3.1. Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Гибридный светильник на окружающую среду оказывает очень низкое отрицательно влияние, так как является «зелёной технологией». Главным загрязняющим фактором являются отходы после окончания жизненного цикла светильника – это светодиодные модули и ПТС.

5.3.2. Анализ «жизненного цикла» объекта исследования.

Анализ жизненного цикла системы совмещенного освещения гибридный светильник определяется временем работоспособности осветительной установки.

Срок службы ГС разделяется по двум основным блокам: блок естественного света (ПТС) и блок искусственного света (СМ). Срок службы ПТС равен 30 годам, а срок службы БИС – 10 лет или 50000 часов.

Таким образом, можно сделать вывод о долговечном жизненным цикле исследуемого объекта.

5.3.3. Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Так как ГС не влияет на окружающую среду, кроме отходов по окончании жизненного цикла, то осветительная установка может влиять только положительно.

Например, если организация, которая влияет на окружающую среду как потребитель электроэнергии, будет использовать разработанную систему совмещенного освещения, то потребление электроэнергии существенно снизится, тем самым снизив влияния организации на окружающую среду.

Из этого можно сделать простой вывод, что использование ГС ведет к снижению электропотребления и, следовательно, к уменьшению влияния на окружающую среду

Проблема эффективного использования электроэнергии в организации решается за счет использования ГС, которые более экономичны по сравнению с традиционными системами освещения.

Что касается непосредственно утилизации светодиодных модулей, то специальных требований нет. Утилизация происходит по стандартной схеме утилизации твердых бытовых отходов

Утилизация ПТС не имеет специальных требований. Утилизация происходит по стандартной схеме утилизация цветного металла, так как ПТС состоит алюминия.

5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

ГС как осветительная установка может инициировать пожар из-за короткого замыкания и подобной аварии.

В этом разделе наиболее актуальным будет рассмотрение вида ЧС - пожар, определение категории помещения по пожаровзрывобезопасности в котором происходит разработка ГС.

Рабочее место проектировщика, должно соответствовать требованиям ФЗ Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

По пожарной, взрывной, взрывопожарной опасности помещение (ПУ№8) относится к категории В – горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть.

Основным поражающим фактором пожара для помещений данной категории является наличие открытого огня и отравление ядовитыми продуктами сгорания оборудования.

5.4.2. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при исследовании объекта.

Пожар в помещении лаборатории может возникнуть вследствие причин неэлектрического и электрического характера.

К причинам неэлектрического характера относятся халатное и неосторожное обращение с огнем (курение, оставление без присмотра нагревательных приборов).

К причинам электрического характера относятся:

- короткое замыкание;
- перегрузка проводов;
- большое переходное сопротивление;
- искрение;
- статическое электричество.

Режим короткого замыкания – появление в результате резкого возрастания силы тока, электрических искр, частиц расплавленного металла, электрической дуги, открытого огня, воспламенившейся изоляции.

Причины возникновения короткого замыкания:

- ошибки при проектировании.
- старение изоляции.
- увлажнение изоляции.
- механические перегрузки.

Пожарная опасность при перегрузках – чрезмерное нагревание отдельных элементов, которое может происходить при ошибках проектирования в случае длительного прохождения тока, превышающего номинальное значение.

Пожарная опасность переходных сопротивлений – возможность воспламенения изоляции или других близлежащих горючих материалов от тепла, возникающего в месте аварийного сопротивления (в переходных клеммах, переключателях и др.).

5.4.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Пожарная безопасность объекта должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Пожарная защита должна обеспечиваться применением средств пожаротушения, а также применением автоматических установок пожарной сигнализации.

Должны быть приняты следующие меры противопожарной безопасности:

- обеспечение эффективного удаления дыма, т.к. в помещениях, имеющих оргтехнику, содержится большое количество

пластиковых веществ, выделяющих при горении летучие ядовитые вещества и едкий дым;

- обеспечение правильных путей эвакуации;
- наличие огнетушителей и пожарной сигнализации;
- соблюдение всех противопожарных требований к системам отопления и кондиционирования воздуха.

Для тушения пожаров на участке производства необходимо применять углекислотные (ОУ-5 или ОУ-10) и порошковые огнетушители (например, типа ОП-10), которые обладают высокой скоростью тушения, большим временем действия, возможностью тушения электроустановок, высокой эффективностью борьбы с огнем.

Помещение оборудовано пожарными извещателями, которые позволяют оповестить дежурный персонал о пожаре. В качестве пожарных извещателей в помещении устанавливаются дымовые фотоэлектрические извещатели типа ИДФ-1 или ДИП-1 [9].

Выведение людей из зоны пожара должно производиться по плану эвакуации.

План эвакуации представляет собой заранее разработанный план (схему), в которой указаны пути эвакуации, эвакуационные и аварийные выходы, установлены правила поведения людей, порядок и последовательность действий в условиях чрезвычайной ситуации по п. 3.14 ГОСТ Р 12.2.143-2002.

Согласно Правилам пожарной безопасности, в Российской Федерации ППБ 01-2003 (п. 16) в зданиях и сооружениях (кроме жилых домов) при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть разработаны и на видных местах вывешены планы (схемы) эвакуации людей в случае пожара.

План эвакуации людей при пожаре из лаборатории, представлен на рис. 25.

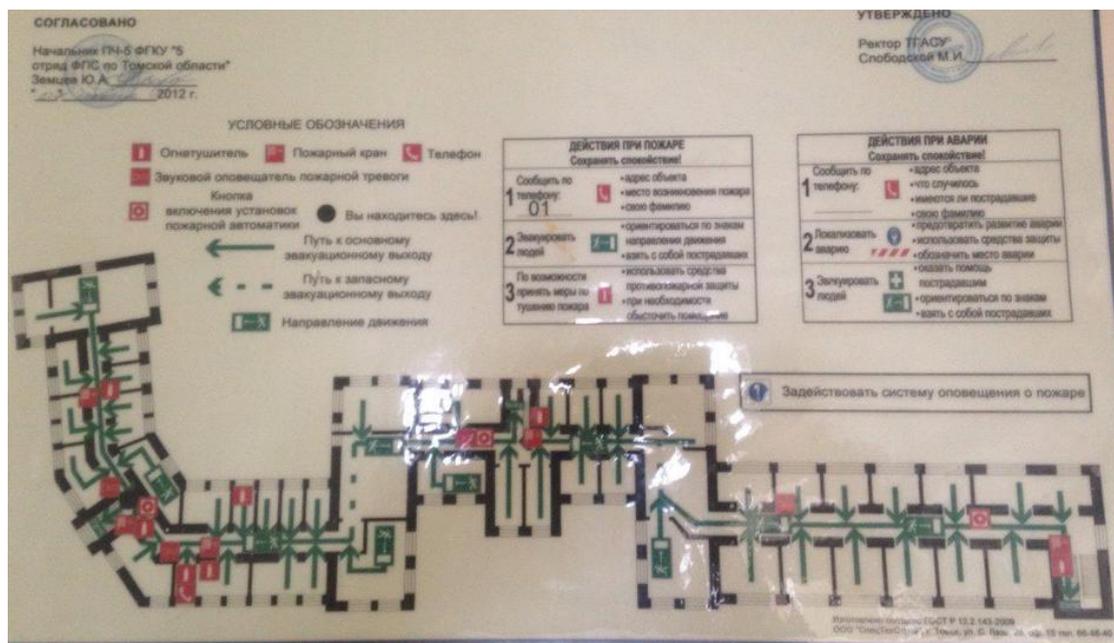


Рис. 25. План эвакуации при пожаре

Ответственность за нарушение Правил пожарной безопасности, согласно действующему федеральному законодательству, несет руководитель объекта.

5.5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.5.1. Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов.

Основой трудового права является Трудовой кодекс Российской Федерации [18], регламентирующий права работника:

– на рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

– на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;

– на получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;

– на отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

– на обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;

– на обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

– на личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;

– на внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

– на гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим кодексом, коллективным договором, соглашением,

локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

– на повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

5.5.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Регулярная, монотонная, сидячая работа в лаборатории, ненормированное время проведение за компьютером приводит к ухудшению здоровья, влечет за собой ряд тяжелых заболеваний, связанных с малоподвижным образом жизни.

Организация рабочего места оператора ЭМП регламентируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [19].

Оптимальной позой при работе за компьютером в положении сидя является естественное и удобное положение тела при минимальном расходе энергии. Правильное положение при сидячей работе за компьютером приведено на рисунке 26.



Рис. 26. Правильное положение тела при работе за компьютером

Необходимо использовать мебель с возможностью многоосевой регулировки, которую можно адаптировать к конкретной работе с определенной техникой и периферией, под конкретные физические параметры человека. Пониженный расход электроэнергии достигается компоновкой рабочих мест с максимальным использованием естественного освещения (существенно снижается расход электроэнергии на искусственное освещение).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы был разработан гибридный светильник с рекордными параметрами и высоким качеством световой среды.

Путём аналитического обзора было выяснено сегодняшнее состояние энергосбережения в освещении, ССО и ГС. Оказалось, что существует ряд зарубежных фирм, выпускающих ГС. Данные светильники имеют существенные недостатки, которые послужили толчком для создания данной ВКР.

Компьютерным моделированием были получены конструкции с максимально возможным КПД светопроводящего тракта – переход от трубы меньшего диаметра через СБИС к трубе большего диаметра и переход от трубы через СБИС к усилителю от ПТС М74. Для оптимального варианта ГС произведён расчёт теплового баланса светильника, который показал, что в данном светотехническом устройстве обеспечивается надёжность и долговечность системы. По результатам расчётов и исследования был разработан типоряд ГС, состоящий из 5 модификаций.

Типоряд ГС применим в любых помещениях, с любой высотой потолков: офисные, учебные, медицинские учреждения, торговые центры, склады, промышленные, сельскохозяйственные помещения, а также помещения подземного размещения.

ГС имеют следующие рекордные параметры:

- ✓ приведенная световая отдача > 320 лм/Вт;
- ✓ удельная установленная мощность – 3 Вт/м²;
- ✓ энергетический КПД – не менее 88%;
- ✓ КПД светопередачи – не менее 97%.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ:

1. Анцупов Я.В., Арстанбеков Б.А., Овчаров А.Т. Гибридный светильник в архитектуре и строительстве, как ресурс энергосбережения//Материалы III Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Молодёжь, наука, технологии: новые идеи и перспективы» (МНТ-2016), секция: Энергосбережение, ресурсоэффективность и экология. 22-25.11.2016г., Томск. Издательство ТГАСУ. 2016. С. 487-492;
2. Анцупов Я.В., Овчаров А.Т. Гибридный светильник – инновационная система совмещенного освещения//Материалы V Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и производства», секция: Технические науки. От 28 февраля 2017г., Кемерово. Издательство ООО «Западносибирский научный центр». 2017. С. 257-261;
3. Анцупов Я.В., Овчаров А.Т. Гибридный светильник – продукт эволюции систем совмещенного освещения//Материалы Международной научной-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР», секция: электроника и приборостроении, светодиоды и светотехнические устройства. От 10 мая 2017г., Томск. Издательство ТУСУР. 2017. С. 101-103.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Айзенберг, Ю.Б. Энергосбережение в освещении/ Ю.Б. Айзенберг, Л.П. Варфоломеев// Дом света, издательство «Знак». – 1999. – С268;
2. Дехофф, П. Качество освещение и энергоэффективность не противоречат друг другу/ П. Дехофф// Светотехника. - 2012. - №3. – С.64-68;
3. Людвиг, А. Проблема равновесия – взгляд со стороны светотехнической промышленности на энергоэффективное освещение/ А. Людвиг// Светотехника. - 2010. - №3. – С.4-7;
4. Айзенберг, Ю.Б. Как повысить эффективность освещения/ Ю.Б. Айзенберг, Л.П. Варфоломеев// Спец. Выпуск АВОК. – 2011. - №3. – С52-56;
5. Амогпай, А. Проблемы энергоэффективного освещения в передовых и развивающихся странах/ А. Амогпай, Э. Тетри, Л. Халонен// Светотехника. – 2009. - №1. – С.6-10;
6. Айзенберг, Ю.Б. Светодиоды и их применение для освещения / Ю.Б. Айзенберг – М.: «Знак» , 2012. – С.280;
7. Шуберт, Ф. Светодиоды / Пер. с англ. Под ред. А.Э. Юновича. – 2-е изд. – М.: «ФИЗМАЛИТ», 2008. – 496 с. – ISBN 978-5-9221-0851-5;
8. Егорченков, В.А. Естественное освещение помещений и биоритмы человека / В.А. Егорченков // Светотехника. - 2011. - № 5. - С.61-65;
9. Ильина, Е.И. Проблемы аттестации рабочих мест в части освещения / Е.И. Ильина, Т.Н. Частухина // Светотехника. - 2011. - № 4. - С.56-61;
10. Бартенбах, К. Свет и здоровье. Концепция внедрения естественного освещения / К. Бартенбах// Светотехника. - 2009. - № 3. - С.4-8;
11. Бартенбах, К. Свет и здоровье / К. Бартенбах// Светотехника. - 2009. - № 2. - С.4-10;

12. Соловьёв А.К. Полые трубчатые световоды и их применение для естественного освещения зданий. // Промышленное и Гражданское Строительство. 2007. №2. – С.53-55;
13. Айзенберг, Ю.Б. Справочная книга по светотехнике / Ю.Б. Айзенберг – М.: «Знак», 2006. – С.972;
14. Многомодный цвет источника света и перестраиваемая система Daylighting : пат. 036888 США : PCT US2012 / А. Хелмар ; заявитель и патентообладатель *Osram Sylvania Inc. (USA)*. – WO2012166301 A1 ; заявл. 08.05.2012 ; опубл. 06.01.2012;
15. Гибридная система освещения : пат. 141910 США : US 7736014 / Д.О. Бломберг ; заявитель и патентообладатель Джером О. Бломберг (США). – US20080310147 A1 : заявл. 18.06.2008 ; опубл. 18.01.2008;
16. Гибридная система освещения со светодиодными источниками освещения : пат. 902078 США / Т.Д. Макклеллан ; заявитель и патентообладатель Томас Дэвид Макклеллан (США). – US2012008713 A1: заявл. 11.10.2010 ; опубл. 12.04.2012;
17. *Daylighting* устройства и методы со вспомогательными осветительными приборами : пат. PCT US2010 / 045215 США / П.А. Джастер ; заявитель и патентообладатель *Solatube International Inc. (USA)*. – EP2467636 A1 : заявл. 11.08.2010 ; опубл. 27.06.2012;
18. Овчаров, А.Т. Solatube в архитектуре и строительстве РФ/ А.Т. Овчаров, Ю.Н. Селянин// Светотехника. - 2016. - №1. – С.35-40;
19. Aizenberg, J.B. Hollow light guides/ J.B. Aizenberg // Moscow: Znack Publishing House. - 2009. - 208p.;
20. Айзенберг, Ю.Б. Полые световоды, или свет по трубам/ Ю.Б. Айзенберг// Иллюминатор. - 2006. - № 4-5. - С.134-141;

21. Айзенберг, Ю.Б. Полые протяженные световоды на современном этапе/ Ю.Б. Айзенберг, Г.Б. Бухман, А.А. Коробко, В.М. Пятигорский// Светотехника. - 2003. - № 3. - С.14-23;
22. Табунщиков, Ю.А. Энергоэффективные здания / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин. – М.: «АВОК-ПРЕСС», 2003. – 200с. – ISBN 5-94533-007-8;
23. Анцупов Я.В., Овчаров А.Т. Гибридный светильник – продукт эволюции систем совмещенного освещения//Материалы Международной научной-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Научная сессия ТУСУР», секция: электроника и приборостроения, светодиоды и светотехнические устройства. От 10 мая 2017г., Томск. Издательство ТУСУР. 2017. С. 101-103;
24. Овчаров, А.Т. Гибридный светильник совмещенного освещения с системой автоматического управления/ А.Т. Овчаров// Электронные информационные системы. - 2015. - №4. – С.22-34;
25. Анцупов Я.В., Овчаров А.Т. Гибридный светильник – инновационная система совмещенного освещения//Материалы V Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития науки и производства», секция: Технические науки. От 28 февраля 2017г., Кемерово. Издательство ООО «Западносибирский научный центр». 2017. С. 257-261;
26. Кузнецов, А. Л. Опыт применения полых трубчатых световодов для естественного освещения в России/ А.Л. Кузнецов, Е.Ю. Оселедец, А.К. Соловьев, М.В. Столяров// Светотехника. - 2011. - № 6. – С.4-11;
27. Электронный ресурс. Инновационные технология солнечного света. Режим доступа: <http://www.solatube.su/> (Дата обращения – 05.02.2017);

28. Ресурсоэнергосберегающий гибридный светильник для совмещенного освещения : пат. 016354 Рос. Федерация : МПК F12S 19/00 / А.Т. Овчаров, Ю.Н. Селянин; заявитель и патентообладатель Овчаров Александр Тимофеевич, RU, Селянин Юрий Николаевич, RU. – 2016110374/07 ; заявл. 21.03.2016 ; опубл. 30.03.2017;
29. Анцупов Я.В., Арстанбеков Б.А., Овчаров А.Т. Гибридный светильник в архитектуре и строительстве, как ресурс энергосбережения//Материалы III Международной научной конференции студентов и молодых ученых «Молодёжь, наука, технологии: новые идеи и перспективы» (МНТ-2016), секция: Энергосбережение, ресурсоэффективность и экология. 22-25.11.2016г., Томск. Издательство ТГАСУ. 2016. С. 487-492;
30. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2002;
31. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003;
32. ГОСТ 12.4.011-89 - Средства защиты работающих. общие требования и классификация;
33. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
34. Трудовой Кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016 N 348-ФЗ);
35. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы;
36. ISO CSR 26000 : 2011 Социальная ответственность организации. Требования;
37. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности;

- 38.ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Пожарная безопасность. Общие требования;
- 39.ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Средства и методы защиты от шума. Классификация;
- 40.ГОСТ 6825-91 Лампы люминесцентные трубчатые для общего
освещения;
- 41.СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному,
искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных
зданий;
- 42.СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых,
общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные
нормы;
- 43.СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение;
- 44.ППБ 01-03 Правила пожарной безопасности в Российской Федерации;
- 45.Правила устройства электроустановок ПУЭ. - 7-е изд. - М.: НЦ ЭНАС,
2003. – С.330.
- 46.Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под
ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. – С.175;
- 47.Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. Управление проектами:
Учебное пособие. - М.: Омега-Л, 2004. – С.664;
- 48.Попова С.Н. Управление проектами. Часть I: учебное пособие / С.Н.
Попова; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во
Томского политехнического университета, 2009. – С.121;

Приложение А

Раздел 1 Review of literature

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5B	Анцупов Ярослав Валерьевич		

Консультант кафедры ЭСиЭ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. Кафедры	Прохоров А.В.	к.т.н, зав. кафедры		

Консультант – лингвист кафедры ИЯЭИ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Низкодубов Г.А.	к.п.н., доцент		

Part 1. Review of literature

1.1. Energy saving and energy efficiency in lighting

Today there is a clear understanding that the progress of civilization is associated with the development of new energy volumes. During the past century, energy consumption increased more than 5 times. Trends show that further energy consumption will continue to grow. Accordingly, the increasing negative impact of technogenic environmental energy companies Wednesday, creating a global ecological catastrophe on a global scale. It is the threat of ecological disaster has prompted the international community to take urgent measures to prevent it.

Recently, humanity en masse mused about reducing power consumption and therefore lower CO₂ emissions. One of the first steps that the Kyoto Protocol is an international agreement on the control of emissions of greenhouse gases. In European countries have become "energy efficiency of buildings directive" and "Ecological design of energy consuming products. Subsequently, in 2015 the Paris Conference adopted the so-called Paris agreement that will replace Kyoto duct in 2020. In Russia, the maintenance of the Kyoto agreement is adopted October 22, 2004 year federal law on ratification of the Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on climate change, and adopted in 2009 year the law of the Russian Federation № 261- Federal law «On energy efficiency and on amendments to some legislative acts of the Russian Federation...»

A significant role in the consumption of electric energy society plays lighting. The International Energy Agency claims that around 19% of world electricity consumption falls on the lighting system. Our country is no exception and lighting accounts for about 14%, i.e. more than 135 billion kWh per year. Of them, about 90 per cent of domestic lighting network. Vector world policy aims to reduce energy consumption. In this connection, the relevant arrangements for the introduction of energy-saving and energy-efficient lighting systems.

The efficiency of systems should not be achieved by lowering the lighting standards (for example, introduction of cheap lamps with high luminous performance, but low in the quality of the light medium, the disconnection of part of the lighting fixtures, or the non-use of artificial light at an insufficient level of natural light. These activities have resulted in economic losses from deteriorating lighting conditions and have surpassed the cost of saved electrical energy (for example, lower productivity of workers, poor health, injuries and other negative effects in low light).

The high-energy efficiency of modern lighting systems with the comfortable characteristics of the light environment is achieved through the following scientific advances and engineering solutions:

- firstly, the high energy efficiency of modern sources of artificial light-led lighting technology;
- secondly, the use of techniques and technologies that implement resource of natural light;
- thirdly, the widespread introduction of combined lighting that integrate natural and artificial light is automatically controlled.

LED lighting is the most effective of artificial light sources. To date, LED lamps have the following parameters:

- luminous efficacy-140 lm/Wt (physical limit is 280 led lm/Wt);
- specific installed power $\leq 5 \text{ Wt/m}^2$;
- Ripple coefficient of $<1\%$
- service life ≥ 50000 hours;
- a wide range of color temperatures from 2800 K to 6400 K.

The main drawback of led lighting is blinding brightness, causing blurred vision, the so-called "blue danger". To reduce the negative effect the lenses serve as lighting fixtures, possessing the property of diffuse scattering, which achieves homogeneous light distribution in space of a premise and eliminating the main causes of the «blue danger» -a large overall brightness.

Natural light systems include windows, glass roofs, anti-aircraft lanterns, and hollow light guides. The main advantage of natural light systems is the lack of energy costs for lighting. One of the main drawbacks of these systems is the inability to function at night.

The best technology and technology in lighting is the composite lighting system, which implements the natural light resource and the high-energy efficiency of modern LED lighting.

Implementation of systems combined lighting can be done in the form of combining traditional lighting with LED lamps, which lack light connect manually or automatically. The main disadvantages of such a system is the difficulty of maintaining the preset level of luminosity and fluidity, as well as large heat leakages and heat loss through the window apertures.

A more versatile and highly efficient implementation of the composite lighting system is a hybrid lamp. It has a single structure with a hollow light guides and a block of artificial light controlled by an automatic control system.

1.2. Hollow light guides

Natural light is genetically human familiar to the eye. Daylight administers the biological, physiological and mental processes in the human body. It affects the rhythms of night and day; the mood improves performance at work and school performance in schools. When you do this, the efficient use of natural light in lighting is a powerful resource for energy saving, i.e. makes it possible to save electric energy. The traditional option of lighting natural light are vertical and horizontal window. Continuous development and change in the architecture of the buildings in which it is impossible to admit sunlight old ways, led to the emergence of techniques and technologies for the use of natural light, the brightest representative of which are hollow light guides.

1.2.1. History of hollow light guides

The development of the hollow light is nearly a century and a half. The condition can be divided into several stages:

- In 1874 the national inventor V. N. Chikolev for the first time applied to a Okhta plant under Petersburg, a lighting installation with the floors of the end skylights in the form of a mirror from within the tubes (Figure 1), where a light from an electric arc outside the building was transferred to the explosive space;

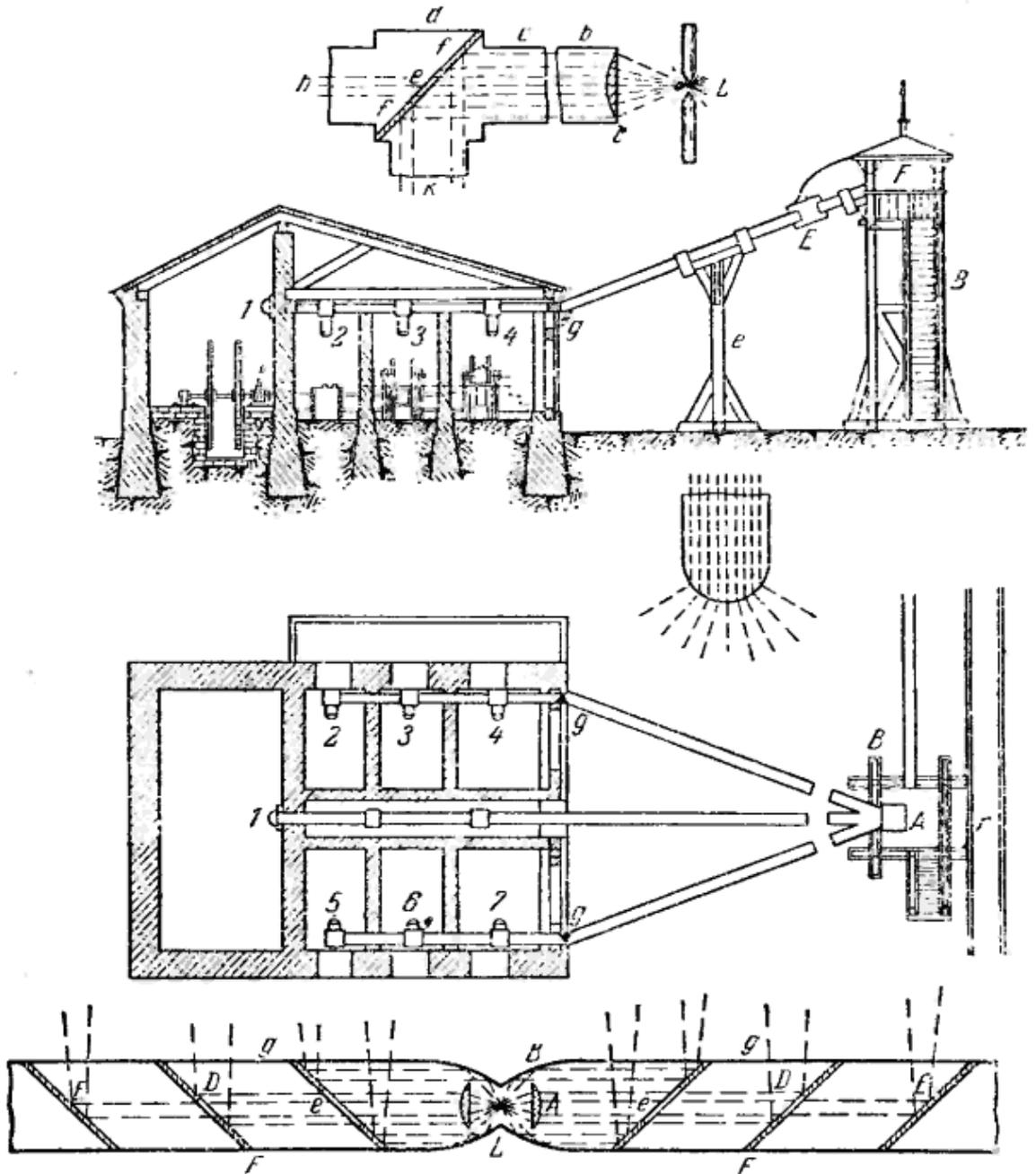


Figure 1. Installation of V. N. Chikoleva

- 1878 year-American scientists M.T. Neil and V.R. Lake received a patent for his device. Transportation methods were proposed, dividing

and redistributing the luminous flux of a light source by using mirrors, lenses and light items. Proposed use of data systems for the lighting of the underground mines of multilayered tunnels and multi-storey buildings;

- In 1879, Mohler and Kebrian describe in the California Science and technology magazine The lighting installation of a multi-storey building, on with a powerful arc and several lenses Fresnel, which guide the tubes of light all the light generated by the arc (Figure 2);

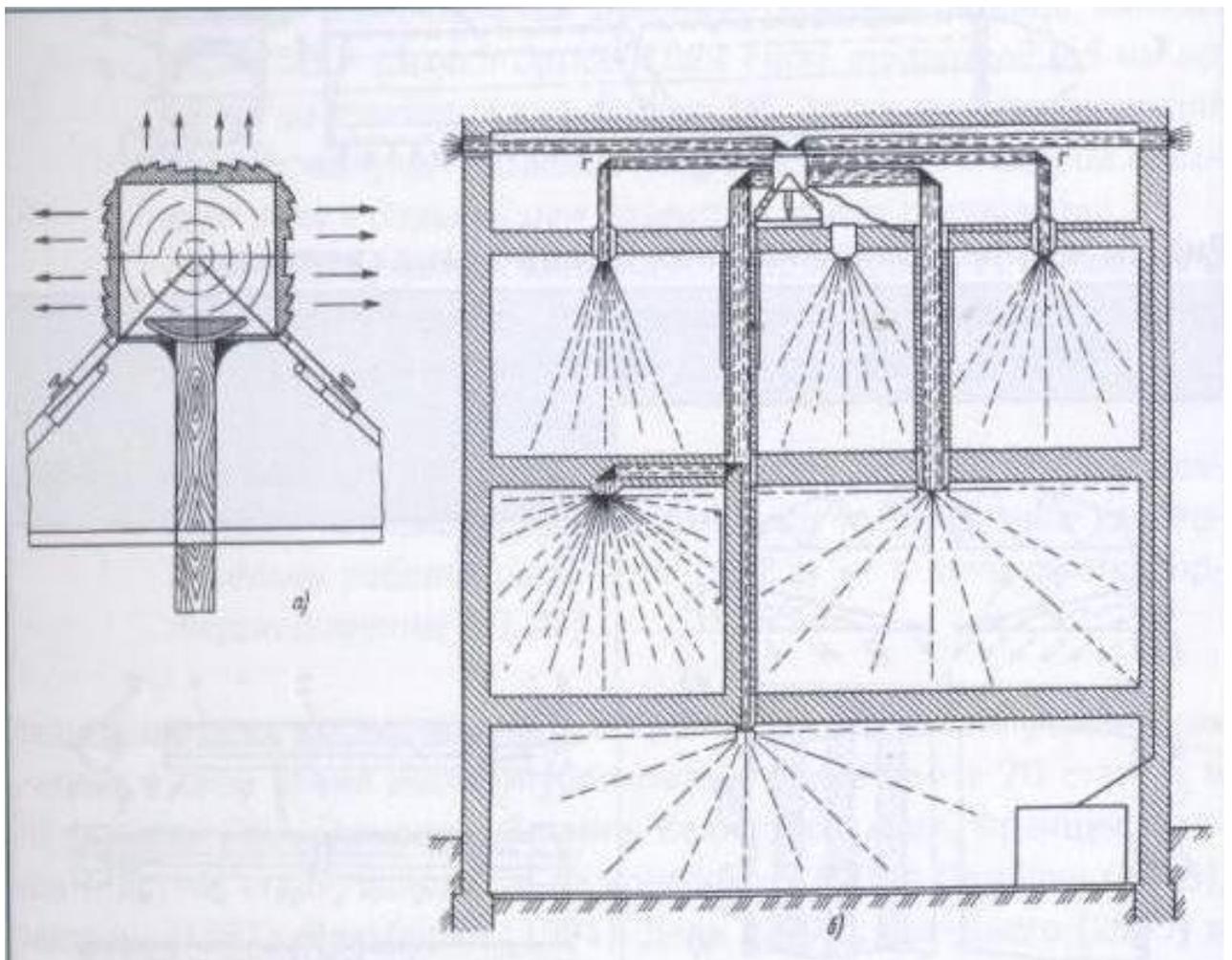


Figure 2. The invention of Moler and Kebrian

- in the year 1881 Willer by using emitters using spherical and ellipsoidal mirrors, lenses, prisms, light scattering elements trying to solve the problem of maximizing the use of the luminous flux of the light source;

- in 1965, the Soviet scientist G.B. Buchmann proposed the idea of slatted light (Figure 3). The light from the powerful light was entered at the end of the mirrored inside of the pipe, and was distributed evenly across the length of the pipe through the optical slits. Subsequently, Buchmann first developed methods for calculating slatted light.

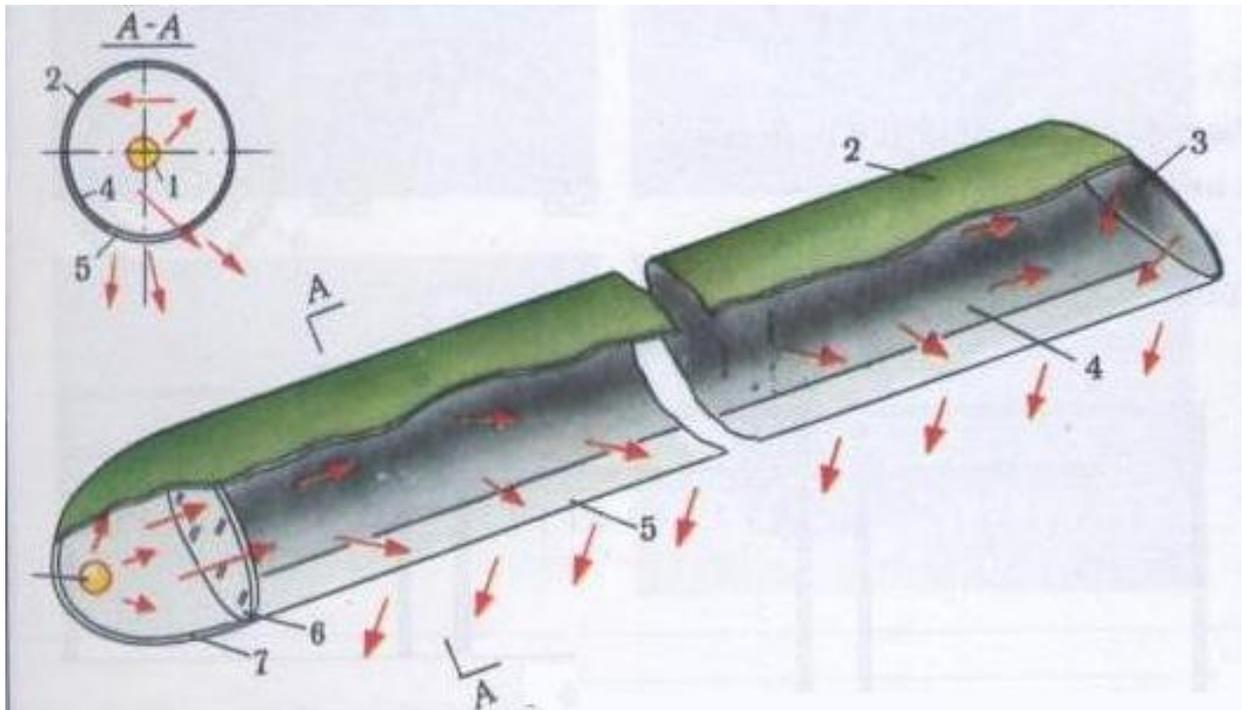


Figure 3. Slot Guide G.B. Buhmana

- in 1975, Y.B. Eisenberg and G.B. Buchmann patent two inventions of new systems (Figure 4) allowing transport by slatted light both sunlight and artificial light. Hollow light guides - light is a thin, solid film from special plastics;
- in 1980 Moscow experienced lighting plant in conjunction with the production association "Vatra" (Ukraine) begin serial production of lighting with hollow light guides. At the same time, the domestic scientists A.A. Korobko and O.G. Kush formed the theoretical methods of computer calculations slotted optical fibers and lighting Setup;

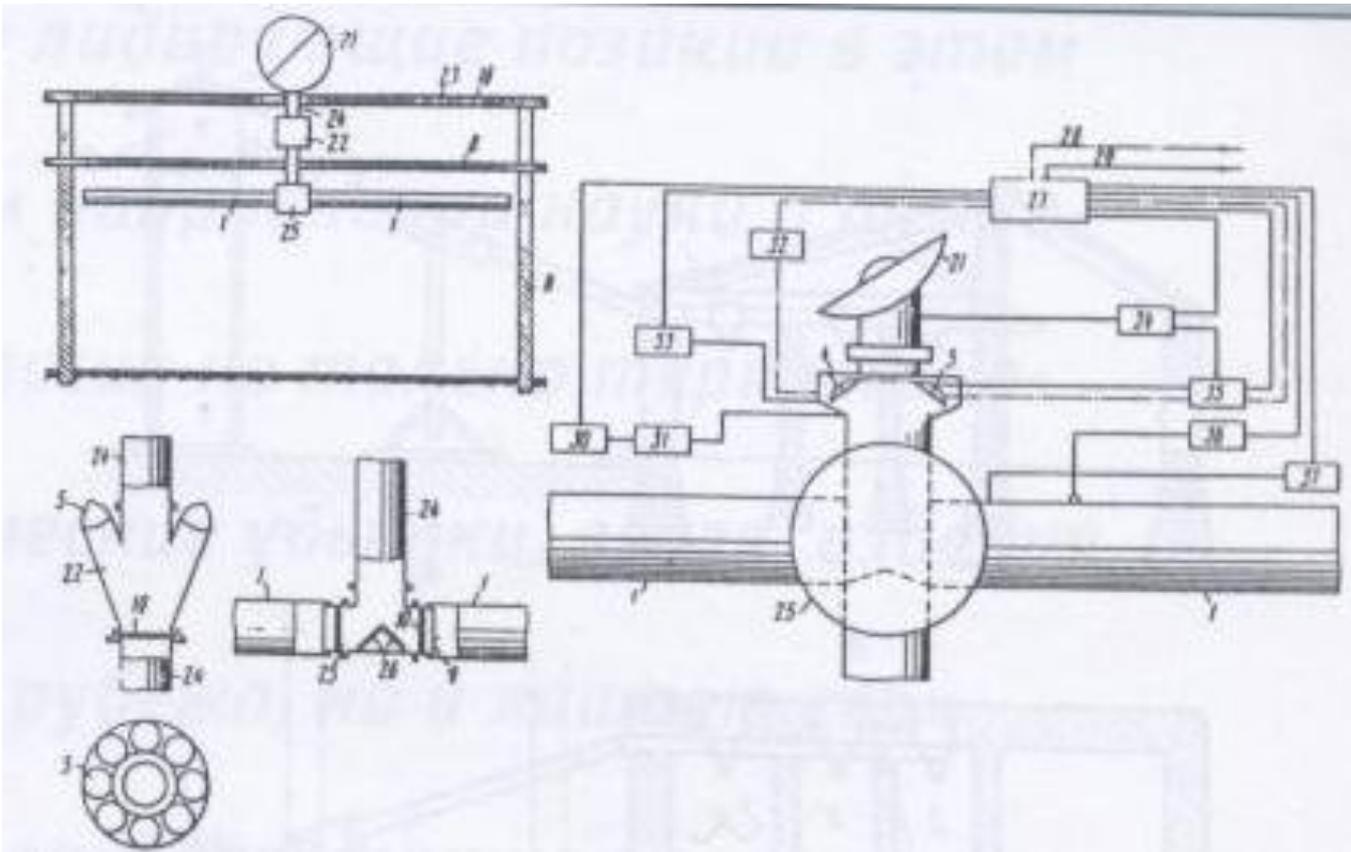


Figure 4. Patent by Y.B. Ajzenbegr and G.b. Buhman

- in 1978, three Soviet scientists, Y.B. Eisenberg, G.B. Buchmann, V.M. Pyatigorsky, patented and implemented a conceptually new design of flat hollow light guides wedge forms, allowing for the creation of large glowing surfaces (Figure 5);
- in 1985, American specialists R. Appeldorn and C. Cobb created a technology to produce a coil prismatic of the SOLF tag, 0.5 mm thick. Later in Canada, a TIR systems company, formed by L. Uajthederom and R. Nodvelom, began production of prismatic light with a film Solf;
- in 1994, the Organization of technical committee 3.30 «Hollow light guides» at the International Lighting Commission.

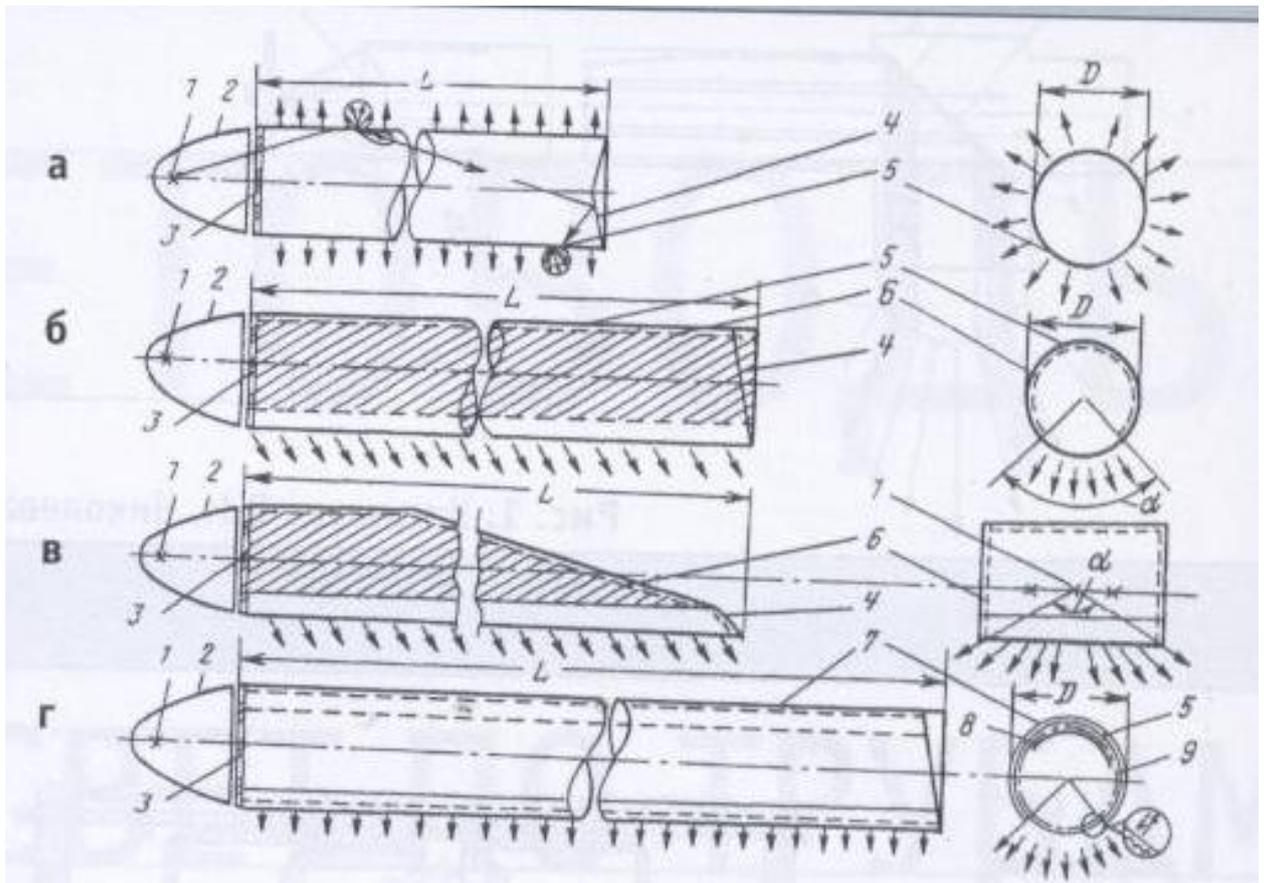


Figure 5. Four main groups of hollow light guides

- in 1981, the Canadian scientist L. Whitehead introduced prismatic hollow light guides, which uses the full internal reflection effect. Prismatic light guides are characterized by small losses in the transmission of light and high luminosity in length (Figure 6);

Works of Soviet scientists published more than 70 papers and 20 patents worldwide and reported on many important congresses and conferences.

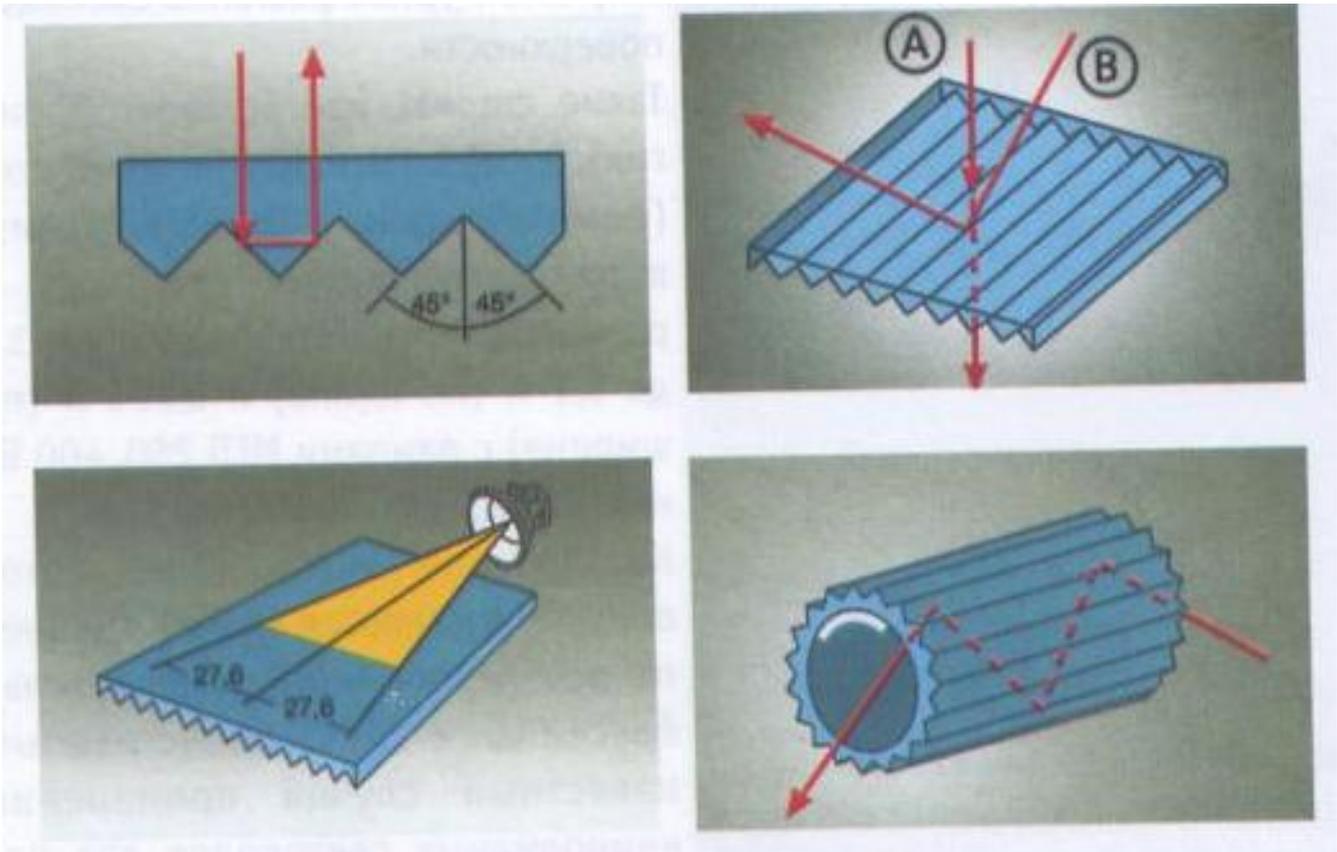


Figure 6. Prismatic light guides

1.2.2. Hollow light guides today

Hollow light guides optics for lighting is one of the few pioneering inventions in the field of lighting devices, which belongs to domestic science. About 30 companies in 12 countries around the world are working on this extremely effective direction. The number of these firms and the front works continuously. Only in our country, homeland of the invention were not, in fact, and there was no production of these systems. However, adopted in 2009, Russian Law No. 261 «On energy conservation and on the introduction of changes in individual legislative acts of the Russian Federation...» and the improvement of technology gave impetus to the development of the hollow light guides in our country and the post-soviet space. To date, the production and application of hollow light guides are Vnisi, moskvichstrojinvest, «Light Systems», «Solar» (Russia), Jekotehsvet (Ukraine).

There are two main directions for the development and use of the hollow light: mirror-light guides, based on the use of metallic reflection from most of the

inner surface of the light guides. Cylindrical and flat wedge light guides, and parallel light guides, based on the use of a full internal reflection effect in prisms covering their entire exterior surface.

At the moment Russian hollow light guides are slowly starting to be approved as effective energy-saving technologies and forming a comfortable light environ. On the domestic market a hollow light guides are represented by several foreign firms: Solatube® Daylighting Systems system American (United States) company Solatube International Inc., Solarspot® system the Italian company International Solarspot S.r.l. and ALLUX system of the Czech company Lightway.

The most advanced and popular (up to 80% of the world market) of these is the hollow light guides firm Solatube International Inc. on the example system Solatube ® M74-SkyVault (Fig. 7) will present the main structural elements:

- a acrylic dome, on the roof or on the wall of the building; The dome is on the inside of the bend, resulting in the properties of the Fresnel lens, which guides the diffuse light of the sky along the fiber axis, reducing the number of reflections and improving the efficiency of light transmission during transport;
- a curb flushing, seamless a metal adapter under different types of roofing with protective coating, ensuring that the structure of the hollow light guides with the roof is filleted and reliable hydro-and insulation;
- extension light guide, a set of aluminum tubes joined straight or curved shape covered with a multi-layer plastic film inside with 99.7% reflectivity throughout the range of visible radiation; the light from the receiver, passing as a result of multiple reflections through the cavity fiber comes in a sunlit room via light scattering diffuser; the shape and design of the tubes allow easy integration into the architecture of buildings of different purposes;

- diffuser with a wide curve, installed in the ceiling space and providing a uniform dispersion of natural light in the room.



Figure 1. Solatube® M74-Skyvault

Hollows lights guides systems in view of the sunlight used for lighting, can easily provide the required natural illumination rate of any size. In addition, the diffuser uses it to distribute light evenly across the illuminated area, compared to Windows and anti-aircraft lanterns.

Today, the modern hollow light guides, due to the high quality of materials and knots, have the efficiency of passing light over 99% with the overall system efficiency of 87%.

The main advantages over traditional hollow light guides systems such as lighting, LED, fluorescent, etc. headlamps are compliance with the most stringent requirements on sanitary standards «Hygienic requirements for natural, artificial and combined coverage of residential and public buildings» as well as reduced energy costs.

The progressive innovative direction of the development of systems is the use of these in composite lighting systems that have completed the technical solution of which the hybrid lamp. This amalgamation of a resource efficient lighting system with a LED block of artificial light leads to the creation of a universal lighting device, a hybrid lamp capable of operating effectively within 24 hours without human intervention ("Smart light"), through automatic control.

The prospect of using hybrid lamps was a motive for finding a technical solution to the implementation of the composite lighting system. So far, there are several technological solutions to the hybrid lamp based on the hollow light guides. In one of them, the artificial light LED is located near the diffuser and has the obvious drawback of blinding and phototoxic effects ("Blue danger"). In another version of the hybrid lamp, «blue danger » is eliminated by reducing the leading brightness of the modules, but there is another deficiency in this solution, namely the small capacity of the LED block of artificial light, due to the placement of LED modules in amplifier and the thermal treatment of the LEDs. In addition, both executions have the same flaw in high ceiling rooms- difficulty of servicing and mounting.

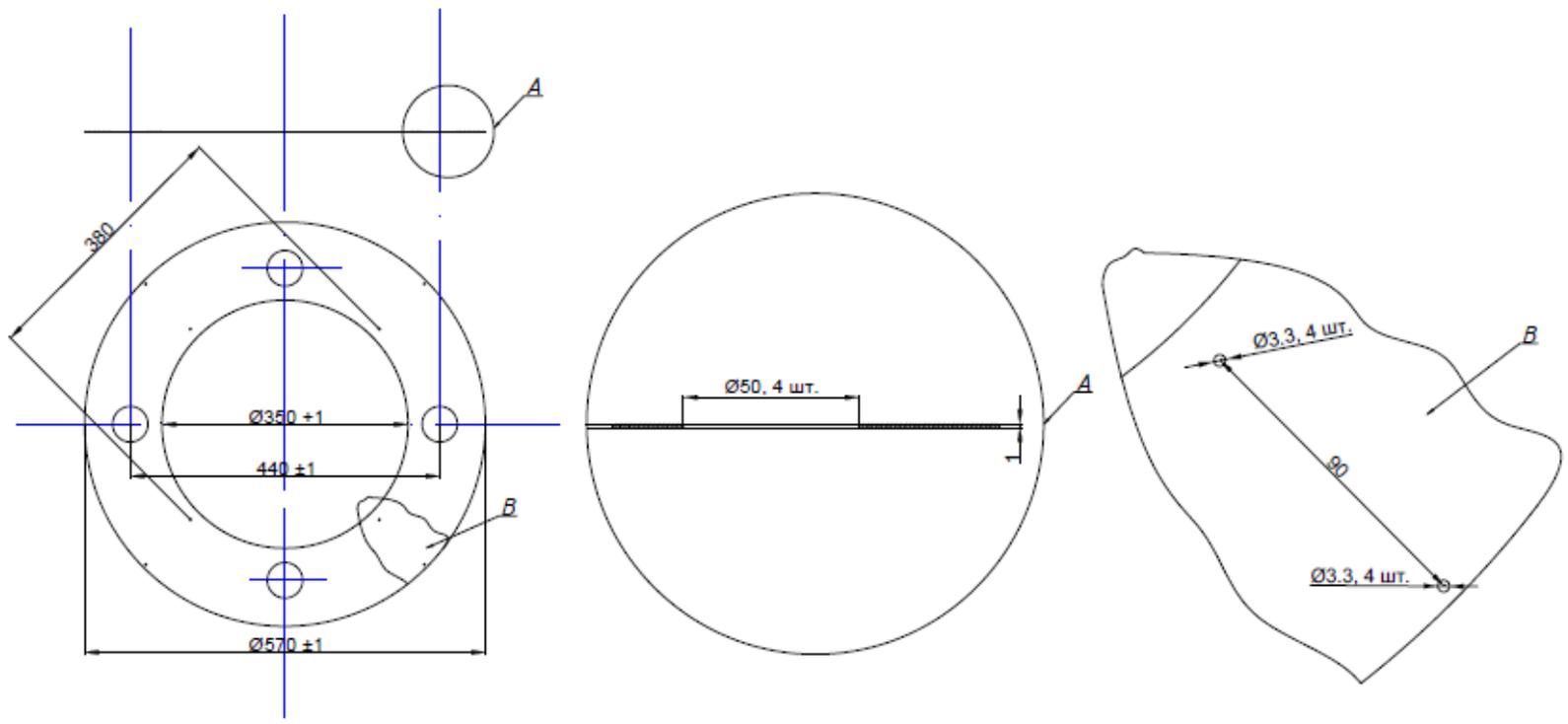
Therefore, the main and prospective goal of the lighting society in this area is the development of a hybrid lamp with a high energy saving effect and the quality of the light environment in which the listed deficiencies will be absent.

Tasks to be accomplished in order to achieve the objective:

- develop a hybrid lamp design with the maximum possible transmission coefficient of the light-conducting tract, which will solve the problem of maintaining and mounting the LED block;
- ensure the thermal treatment of the LED block;
- develop modifications to different types of buildings and structures.

Приложение Б

Чертёж монтажной панели



*Примечание
 Материал - нержавейка

№	Изм.	Дата	Исполн.	Провер.	Масштаб				
Составил: [Имя]						Монтажная панель	Материал	Кол-во	Длина
Исполнил: [Имя]									

Приложение В

Чертёж ГС – Конструкция №1

Светособирающий купол

Бордюрный флешинг

Бордюр

ПТС $\phi 350$

Светодиодный модуль

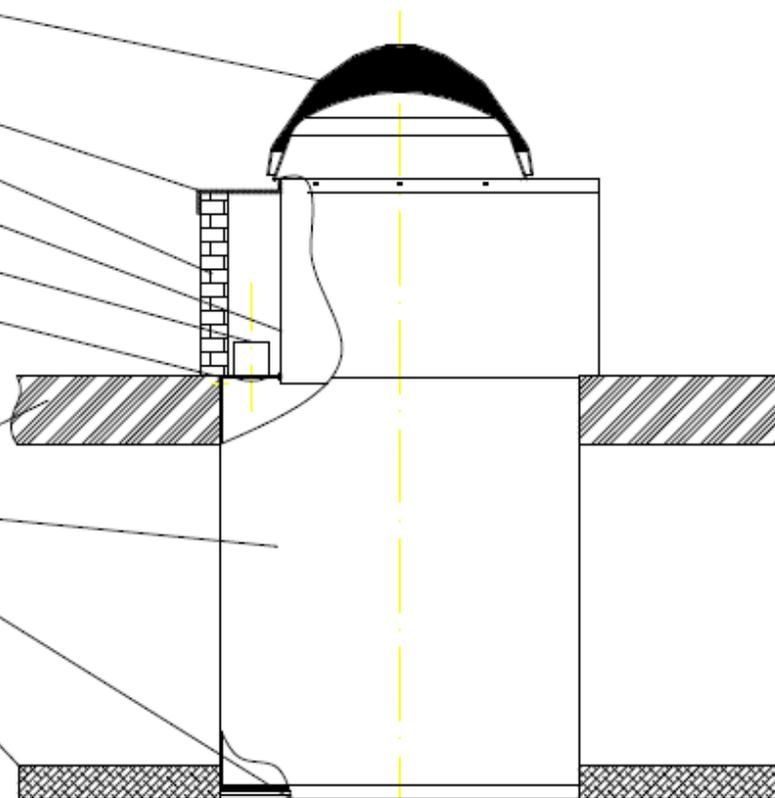
Монтажная панель

Крыша

ПТС $\phi 530$

Диффузор

Потолок



Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата

ГС - Конструкция №1

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Стадия	Лист	Листов
Разраб.			Анцупов Я.					
Утвердил			Обчаров А.					

Приложение Г

Чертёж ГС – Конструкция №2

Приложение Д

Чертёж ГС – Конструкция №3

Светособирающий купол

Бордюрный флешинг

Бордюр

ПТС $\phi 740$

Светодиодный модуль

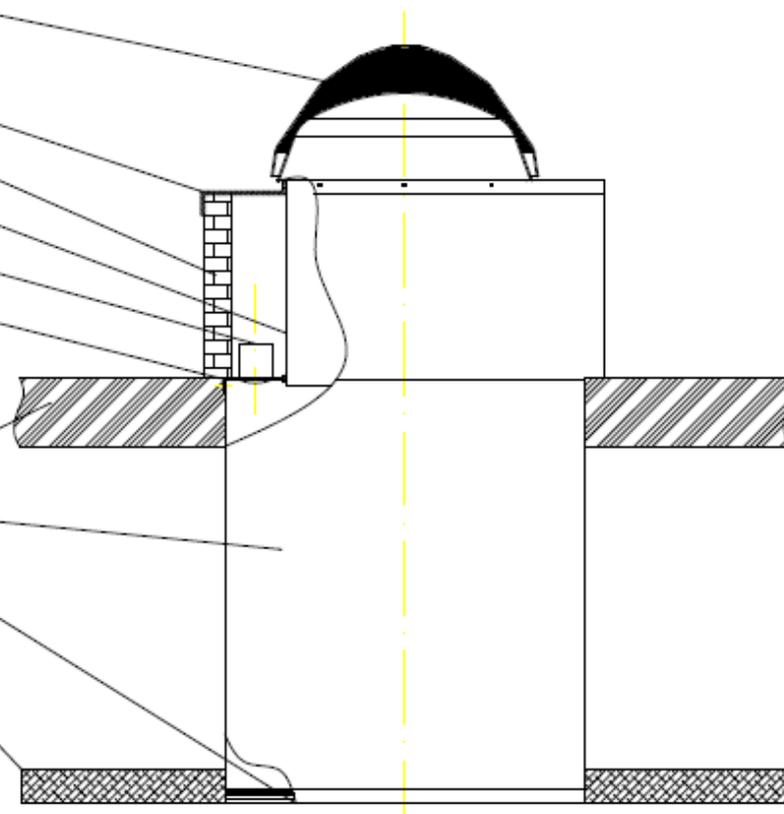
Монтажная панель

Крыша

ПТС $\phi 945$

Диффузор

Потолок



Согласовано

Взам. инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

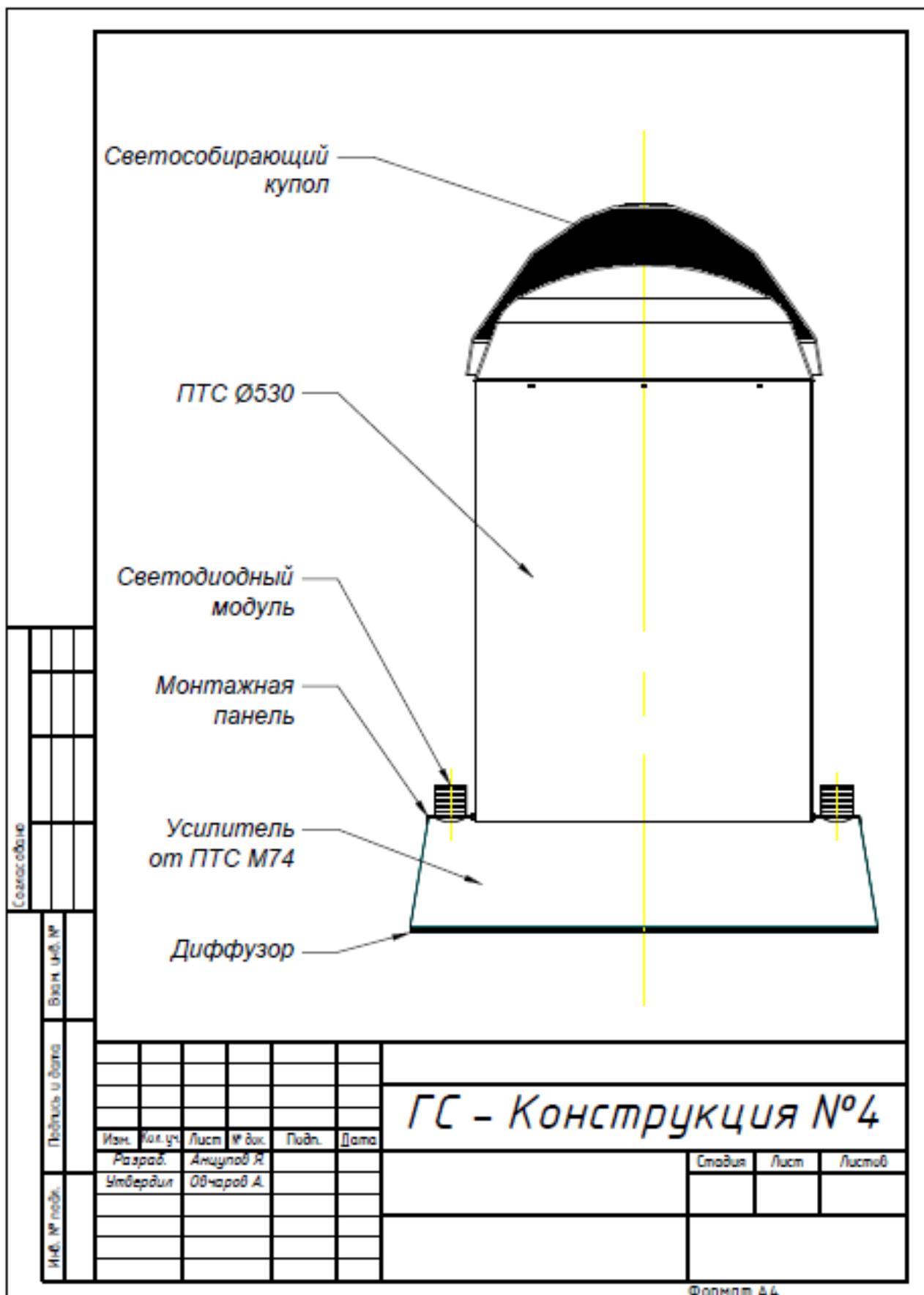
Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.			Анципов Я.		
Утвердил			Обчаров А.		

ГС - Конструкция №3

Стадия Лист Листов

Приложение Е

Чертёж ГС – Конструкция №4



Приложение Ж

Чертёж ГС – Конструкция №5

