

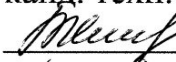
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт электроники и светотехники

Кафедра светотехники

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
канд. техн. наук, доц.

 О.Е. Железникова
(подпись)

« 06 » 06 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

**РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ УЛИЧНОГО
ОСВЕЩЕНИЯ**

Автор бакалаврской работы


(подпись)

06.06.2018
(дата)

И. В. Морозов

Обозначение бакалаврской работы БР-02069964-12.03.02-12-18

Направление 12.03.02 Оптотехника

Руководитель работы

канд. техн. наук, доц.


(подпись)

06.06.2018
(дата)

А.Б. Мышонков

Нормоконтролер

зав. лаб.


(подпись)

06.06.2018
(дата)

С.С. Карякина

Саранск

2018

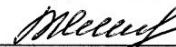
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОРДОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМ. Н. П. ОГАРЁВА»

Институт электроники и светотехники

Кафедра светотехники

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой
канд. техн. наук, доц.

 О.Е. Железникова
(подпись)

« 23 » 04 2018 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

(в форме бакалаврской работы)

Студент Морозов Иван Вячеславович

1 Тема «Разработка автономного светильника для уличного освещения»

Утверждена приказом № 9438-с от 21 ноября 2017 г.

2 Срок представления работы к защите 11 июня 2018 г.

3 Исходные данные для исследования (проектирования): виды автономных светодиодных светильников для уличного освещения

4 Содержание выпускной квалификационной работы

4.1 Энергосберегающие светодиодные источники света и световые приборы на их основе

4.2 Расчет и проектирование светового прибора

4.3 Компьютерное моделирование, разработка чертежей светового прибора и его элементов


Руководитель работы

канд. техн. наук, доц.

 23.04.2018 А.Б. Мышонков

подпись, дата

Задание принял к исполнению

 23.04.2018
подпись, дата

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 79 листов, 33 рисунка, 9 таблиц, 21 использованный источник, 4 приложения.

АВТОНОМНЫЙ СВЕТОДИОДНЫЙ СВЕТИЛЬНИК, СВЕТОДИОДНЫЙ МОДУЛЬ, КОНТРОЛЛЕР, ОСВЕТИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР, СОЛНЕЧНАЯ ПАНЕЛЬ, ЛИНЗА, РАДИАТОР, АККУМУЛЯТОР.

Объектом разработки является проектирование автономного светодиодного светильника на основе фотоэлектрических панелей.

Цель бакалаврской работы – разработка конструкции светодиодного прибора с автономным питанием на основе фотоэлектрических панелей, моделирование конструкции и светотехнических характеристик светильника, разработка конструкторской документации.

В процессе работы были изучены характеристики существующих автономных световых приборов, разработана конструкция светового прибора, подобраны светодиоды, вторичная оптика, контроллер, драйвер, аккумуляторная батарея и фотоэлектрическая панель для разрабатываемого светового прибора. Было проведено компьютерное моделирование светотехнических характеристик светильника, разработана 3D-модель спроектированного светильника и конструкторская документация.

В результате проведенной работы разработан светодиодный осветительный прибор.

Степень внедрения – частичная.

Область применения – световой прибор может быть использован для уличного освещения.

					БР-02069964-12.03.02-12-18			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка автономного светильника для уличного освещения	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Морозов	<i>Морозов</i>	06.06.18				
Провер.		Мышонков	<i>Мышонков</i>	06.06.18			3	79
Н. Контр.		Карякина	<i>Карякина</i>	06.06.18				
Утв.		Железникова	<i>Железникова</i>	06.06.18				
						ИЭС, каф. СТ, д\о, 471.		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 Энергосберегающие светодиодные источники света и световые приборы на их основе	9
1.1 Светодиодные светильники в технике освещения	9
1.2 Возобновляемые источники энергии	14
1.2.1 Ветрогенератор	15
1.2.2 Фотоэлектрический генератор энергии	17
1.3 Устройство фотоэлектрических панелей	22
2 Расчет и проектирование светового прибора	27
2.1 Техническое задание	27
2.2 Описание используемых светодиодов	29
2.3 Выбор и обоснование оптической системы светильника	33
2.4 Описание используемого контроллера с драйвером	36
2.5 Выбор аккумуляторной батареи для уличного автономного светильника	40
2.6 Выбор солнечной панели	47
2.7 Электрическая схема светильника	51
2.8 Расчет радиатора для уличного светодиодного светильника	53
3 Компьютерное моделирование, разработка чертежей светового прибора и его элементов	58
3.1 Моделирование светодиодного светильника в системе «КОМПАС-3D»	58
3.2 Трассировка лучей светового прибора	61
3.3 Моделирование освещения с помощью разработанного светового прибора в DIALux	67
3.4 Экономический расчет разработанной осветительной установки	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	72

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	73
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Сборочный чертеж	76
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) Спецификация	77
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) Сборочный чертеж	78
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное) Спецификация	79

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время крупные сети наружного освещения — это энергоемкие автоматизированные объекты, правильное построение которых значительно увеличивает эффективность использования и комфорт современной жизни. Реальную экономию электроэнергии дает замена светильников, с устаревшими лампами (ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и т.д) на современные энергосберегающие светодиодные источники света и осветительные приборы на их основе.

На сегодняшний день широкое распространение получили автономные светильники. Выработка энергии для питания автономных светильников в подавляющем большинстве случаев производится с помощью:

- солнечных фотоэлектрических панелей;
- ветрогенераторов;
- комбинированных установок.

Системы освещения, использующие солнечную энергию, реализовывают заряд аккумулятора от солнечной батареи в течение светового дня, после чего, накопленный заряд используется для питания светоизлучающих элементов в ночное время суток. Очень важным направлением использования автономных осветительных устройств на солнечных батареях является освещение улиц.

Автономные светильники по своим характеристикам подходят для замены большинства уличных светильников, работающих от сети. Однако стоимость светильников на настоящий момент очень высока, стоимость одного светильника приближается к сумме 100 тысяч рублей. Поэтому, применение автономных светильников целесообразно при освещении объектов, удаленных от источников энергии.

Настоящая работа посвящена разработке эффективного осветительного прибора для уличного освещения, обеспечивающего освещение объектов без

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

необходимости подведения линий электропередач, это определяет её актуальность.

Объект исследования – автономный светодиодный светильник на основе фотоэлектрических панелей.

Предмет исследования – разработка конструкции энергоэффективного автономного светодиодного светового прибора для освещения улиц, дворовых зон, автомобильных парковок, пешеходных переходов, автобусных остановок и дорог.

Анализ современного состояния применения возобновляемых источников энергии в освещении позволил сформулировать цель и задачи исследования.

Цель работы – разработка конструкции светодиодного прибора с автономным питанием на основе фотоэлектрических панелей, моделирование конструкции и светотехнических характеристик светильника, разработка конструкторской документации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить основные правила конструирования изделий светотехнического производства;
- определить параметры основных элементов светового прибора;
- разработать конструкцию светового прибора на фотоэлектрических панелях;
- рассчитать основные характеристики светового прибора.

Научная новизна данной бакалаврской работы состоит в том, что в работе проведена разработка светодиодного светильника на фотоэлектрических панелях для уличного освещения с характеристиками, позволяющими использовать данный световой прибор взамен традиционных светильников.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Практическая значимость. Световой прибор может быть использован для освещения улиц, дворовых зон, автомобильных парковок, пешеходных переходов, автобусных остановок и дорог.

В ходе выполнения работы применялись такие методы исследования как: анализ литературных источников, наблюдение и сравнение, моделирование.

Актуальность разработки обусловлена высокими темпами усовершенствования характеристик светодиодных источников света, а также характеристик источников энергии, которые позволяют реализовать конструкцию светильника для уличного освещения, работающего без затрат на электроэнергию.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

1 Энергосберегающие светодиодные источники света и световые приборы на их основе

1.1 Светодиодные светильники в технике освещения

В настоящее время светодиоды считаются самым перспективным источником освещения, их характеристики говорят сами за себя. Сейчас, применение светодиодов для освещения не только выгодно и экономно, но и достаточно продуктивно. Светодиодные светильники для освещения внутренних помещений, как общего, так и частного назначения классифицируются по типу, мощности, назначению и способам установки.

Общая маркировка световых приборов состоит из трех заглавных букв и группы цифр.

Расшифровка первой буквы по типу маркировки, обозначает тип светильника:

- Д – светодиодный;
- Н – лампа накаливания;
- Р – лампа ртутная;
- Л – люминесцентная лампа;
- Р - ртутные типа ДРЛ;
- Г - ртутные типа ДРИ, ДРИШ;
- Ж – натриевая лампа высокого давления.

Во второй колонке маркировочной расшифровки стоит буква, которая обозначает классификацию светильников по способу установки:

- П – потолочный;
- В – встраиваемый;
- С – подвесной;
- Б – настенный;
- Н - настольный, опорный;
- К – консольный.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Третья буква обозначает основное назначение светильников:

- У – наружное освещение;
- Б – для жилых (бытовых) помещений;
- О – освещение в общественных зданиях;
- П – для промышленных помещений.

Четвертая позиция, обозначает количество ламп в светильнике (для одноламповых моделей цифра 1 не указывается, знак «х» не ставится).

Пятая цифра указывает мощность ламп в ваттах.

На шестой позиции в маркировке ГОСТа 17677 на светильники – это число, обозначающее номер серии.

Седьмое – трехзначное число, которое обозначает номер модификации.

Восьмая позиция указывает на климатическое исполнение модели:

- У - для макроклиматических районов с умеренным климатом;
- ХЛ - для макроклиматических районов с холодным климатом;
- УХЛ - для макроклиматических районов с умеренным климатом и с холодным климатом;
- Т - для макроклиматических районов с сухим и влажным тропическим климатом;
- О - для всех макроклиматических районов суши, кроме районов с очень холодным климатом.

ДКУ28-001-101 УХЛ1 – светодиодный, консольный, для наружного освещения, мощность 28 Вт, номер серии 001, номер модификации 101, для макроклиматических районов с умеренным климатом и с холодным климатом.

Светодиоды, применяемые в светильниках для освещения, – мощные полупроводниковые приборы, которые по определённым параметрам (таких как светоотдача (лм/Вт), световой поток (лм), индекс цветопередачи, надёжность), не только не уступают, но даже превосходят традиционные

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

источники света, используемые в осветительных установках. Они имеют весомые преимущества по сравнению с обычными лампами. Это можно увидеть в сравнении ЛН, ЛЛ, и СД в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Сравнение основных характеристик ЛН, ЛЛ, СД.

Характеристики	Светодиодная лампа	Люминесцентная лампа	Лампа накаливания
Потребляемая мощность	5 W	15 W	40 W
Светоотдача	90 lm/W	30 lm/W	10,5 lm/W
Световой поток	450 lm	450 lm	420 lm
Освещенность (при напряжении 220 В)	650 lx	350 lx	470 lx
Коэффициент пульсации	1 – 100 %	22 – 30 %	18 – 25 %
Рабочая температура	70 °С	60 °С	180 °С
Экологичность	Да	Содержит ртуть	Да
Срок службы	До 50 000 часов	До 25 000 часов	До 1 000 часов
Необходимость утилизации	Не требует особых мер утилизации	Требует специальных мер утилизации	Не требует особых мер утилизации
Использование во влажных и пыльных помещениях	Возможно	нежелательно, сокращается срок службы	Возможно
Задержка включения	Нет	Да	Нет
Частое включение и отключение питания	Не влияет на срок службы	Сокращает срок службы	Сокращает срок службы
Мерцание	Нет	Возможно	Нет
Нагрев поверхности лампы	30 °С	60 °С	120 °С
Виброустойчивость	Да	Нет	Нет
Степень прочности конструкции	Прочная	Хрупкая	Крайне хрупкая
Техническое обслуживание	Редко	Умеренно	Часто

Уличный светодиодный светильник может полностью заменить такие светильники как ЖКУ, РКУ, НКУ, ГКУ и другие, при этом заметно превосходит их по всем важнейшим характеристикам. Он практически незаменим в тех местах, где требуется чрезвычайно высокая надёжность и важна экономия электроэнергии. Также у этого светильника отсутствует стробоскопический эффект, а сила света не меняется на всём диапазоне питающих напряжений (120–264 В). Уличный светодиодный светильник имеет кратчайшее время выхода на рабочий режим: менее 1 секунды. Он выполнен на основе мощных светодиодов и имеет независимые источники питания. Все вышеперечисленные качества светильника обеспечивают высокую надёжность его использования.

Технические и эксплуатационные характеристики уличных светодиодных светильников делают их востребованным товаром на рынке современных осветительных приборов.

Будущее этих светильников имеют широкое развитие. Они могут включать освещение производственных и жилых помещений, ситуационную и архитектурную подсветку, а в последнее время – также и уличное освещение. За последние годы область применения светодиодов существенно расширилась. До недавнего времени светодиодное освещение ассоциировалось в основном с индикацией электронных приборов, на сегодняшний день оно уже широко применяется в наружном освещении и даже в автомобильной промышленности (в виде внедрения светодиодов в сигналы торможения и габаритные фонари). Можно предположить, что светодиоды в ближайшем будущем полностью вытеснят устаревающие источники света. Стремительное развитие светодиодных технологий, ощутимым результатом которого является появление новых мощных и эффективных светодиодов, в соотношении с возрастающей потребностью в энергосбережении, откроет новые возможности для светодиодных светильников на отечественном рынке.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Использование мощных светодиодов в качестве источников света в скором времени позволит значительно снизить расходы, связанные с затратами на электроэнергию. Кроме того, основными преимуществами выступают отсутствие необходимости обслуживания светодиодных светильников и высокое качество света. Эти характеристики являются ключевыми в объяснении перспективности их использования в создании новейших осветительных систем и технологий. Перспективными сферами применения светодиодов предположительно станут:

- уличное освещение (полное освещение улиц при помощи уличных столбиков, фонарных столбов, подвесных светильников, настенных уличных светильников, подсветок фасадов, вкапываемых и встраиваемых светильников);

- промышленное и техническое освещение;

- интерьерное, архитектурное и ландшафтное освещение (создание декоративной подсветки);

- ЖКХ (освещение лестничных клеток: площадок, пролётов, освещение лифтов, а также номерных знаков домов и указателей названий улиц).

В связи со всем вышеперечисленным, возникает вопрос о минусах и недостатках LED: на этот вопрос специалисты по освещению отвечают все одно и то же, это цена.

Разумеется, момент с ценой светодиодов очень важен. Но с другой стороны, быстрая окупаемость за счет экономии электроэнергии и высокого срока службы светодиодов делает этот минус уже не таким значительным. Сегодня светодиодные технологии шагают семимильными шагами, возрастает конкуренция среди компаний, которые производят светодиодную продукцию, все это, несомненно, приводит к постепенному снижению стоимости. Вполне вероятно, что со временем LED станут более доступны, хотя о снижении цен до уровня ламп накаливания говорить, скорее всего, очень рано.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Кроме высокой стоимости, есть еще несколько недостатков. Во-первых, светодиод требователен к источнику питания. То есть необходимость LED-драйвера (блока питания) не только увеличивает стоимость, но и ставит вопрос о том, как его расположить, чтобы было незаметно для глаз, и доступно в случае, если потребуется замена. Многие светотехнические фабрики встраивают блоки питания в корпус светильника, что значительно упрощает подключение и установку.

Во-вторых, несмотря на продолжительный срок службы, светодиод имеет свойство со временем тускнеть и терять яркость из-за деградации химических и физических параметров светоизлучающего кристалла. Скорость деградации светодиода напрямую зависит от качества теплоотвода. Поэтому, при покупке светодиодной продукции, стоит обращать внимание не только на цену, но и на производителя: лучше выбрать более дорогого, но проверенного, чтобы избежать дополнительных затрат.

В-третьих, если светодиод в матрице светильника или в ленте по какой-либо причине перегорел, то заменить его будет очень проблематично, а в большинстве случаев просто невозможно. Однако уже сегодня некоторые светотехнические фабрики заявляют о том, что на случай выхода из строя светодиода у них существуют элементы для замены.

Несмотря на существующие минусы, очевидно, что за LED-технологиями будущее, так как область их применения постепенно расширяется. Многие специалисты в области светодизайна полагают, что светодиоды — прекрасная основа для инновационных светотехнических решений и креативных дизайнерских идей.

1.2 Возобновляемые источники энергии

Основными типами источников энергии, используемыми в настоящее время в системах автономного освещения, являются ветрогенераторы и фотоэлектрические панели.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

1.2.1 Ветрогенератор

Ветрогенератор (ветроэлектрическая установка, сокращенно ВЭУ) — устройство для преобразования кинетической энергии воздушного потока в механическую энергию с дальнейшим ее преобразованием в электроэнергию под действием вращения ротора.

Ветрогенераторы классифицируются по:

- количеству лопастей;
- материалам, из которых они изготовлены;
- оси вращения;
- шагу винта.

Современные ВЭУ делятся на две основные группы: с горизонтальной осью вращения и с вертикальной. Большинство ветрогенераторов имеют горизонтальную ось вращения турбины.

Ветер является возобновляемым ресурсом, поэтому независимо от того, сколько его используется сегодня, в будущем он по-прежнему будет доступен. Энергия ветра является источником относительно чистого электричества — ветряные электростанции не выделяют веществ, загрязняющих воздух и парниковых газов.

Несмотря на то, что стоимость энергии ветра резко сократилась за последние 15 лет, ее использование требует значительных первоначальных вложений, чем приобретение генераторов, работающих на ископаемом топливе. Тем не менее, если сравнивать использование ветрогенератора и установки, работающей на ископаемом топливе, в течение всего срока эксплуатации, то ВЭУ становится гораздо более выгодной, поскольку для нее не требуется топливо и эксплуатационные расходы сведены к минимуму.

Главная проблема, связанная с эксплуатацией энергии ветра, заключается в том, что ветер дует не всегда, на некоторых территориях ветра дуют очень слабо, так что там не выгодно использовать ветрогенераторы. Также ветряные турбины могут создавать проблемы для других способов

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

использования земли. Например, выпасу скота или занимать место под посевы.

Каждая ветроэлектрическая установка состоит из:

- мачты, сделанной из металла или бетона;
- гондолы, устанавливается наверху мачты и в которой крепятся валы, редуктор, контроллер, генератор и тормоз;
 - редуктор, механически соединяет низкоскоростной и высокоскоростной вал, увеличивая скорость вращения последнего;
 - контроллер, управляет работой ВЭУ;
 - генератор, вырабатывает электрическую энергию;
 - тормоз, для остановки ротора в критических ситуациях;
 - ротор, в который входят лопасти и ступица;
 - низкоскоростной вал, приводится в движение ротором;
 - высокоскоростной вал, подсоединен к генератору;
 - флюгер, определяет направление ветра;
 - анемометр, замеряет скорость ветра и отправляет данные в контроллер. [7]

На рисунке 1.1 представлена схема работы ветрогенератора, показан принцип видоизменения энергии ветра и работа внутренних механизмов.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

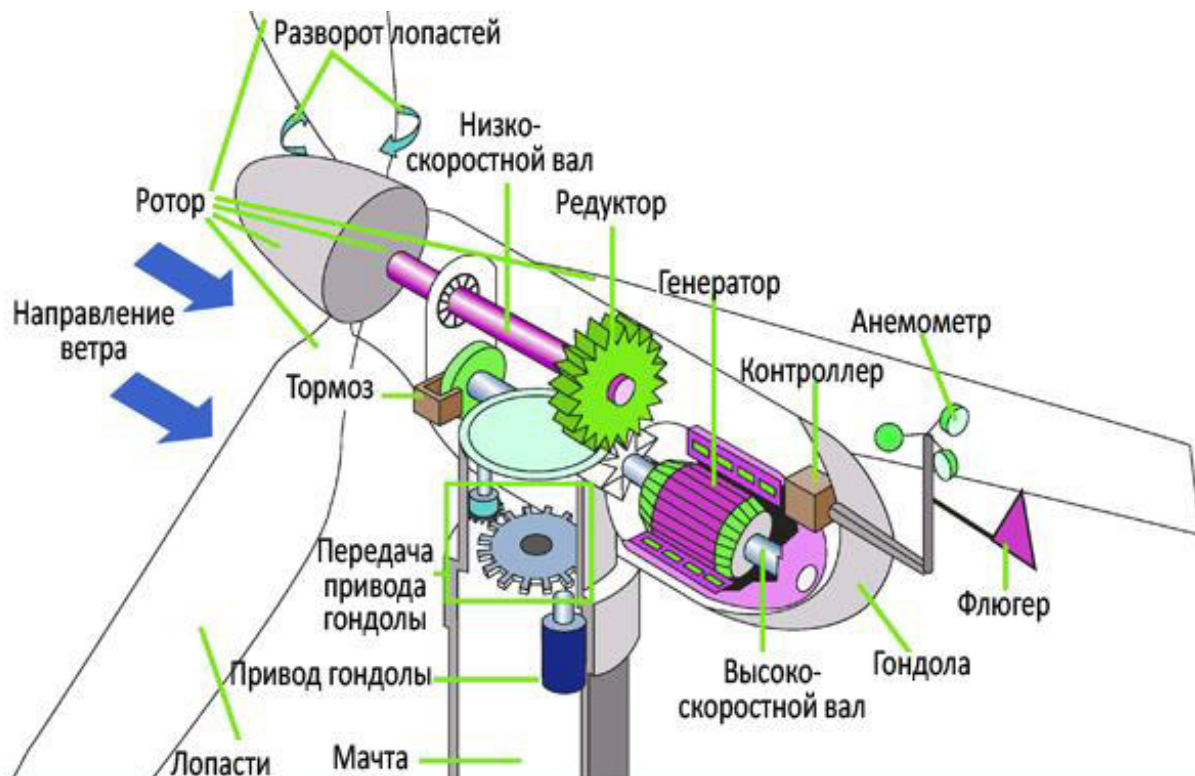


Рисунок 1.1 – Схема работы ветроэлектрической установки

1.2.2 Фотоэлектрический генератор энергии

Фотоэлектрический генератор – это устройство, преобразующее энергию оптического излучения в электрическую на основе явления внутреннего фотоэффекта в полупроводниках.

Фотоэффект означает «выбивании» электронов фотонами света с поверхности тел (это внешний фотоэффект) или только из кристаллической решетки внутри полупроводника (это внутренний фотоэффект).

На рисунке 1.2 показаны виды фотоэлектрических генераторов.

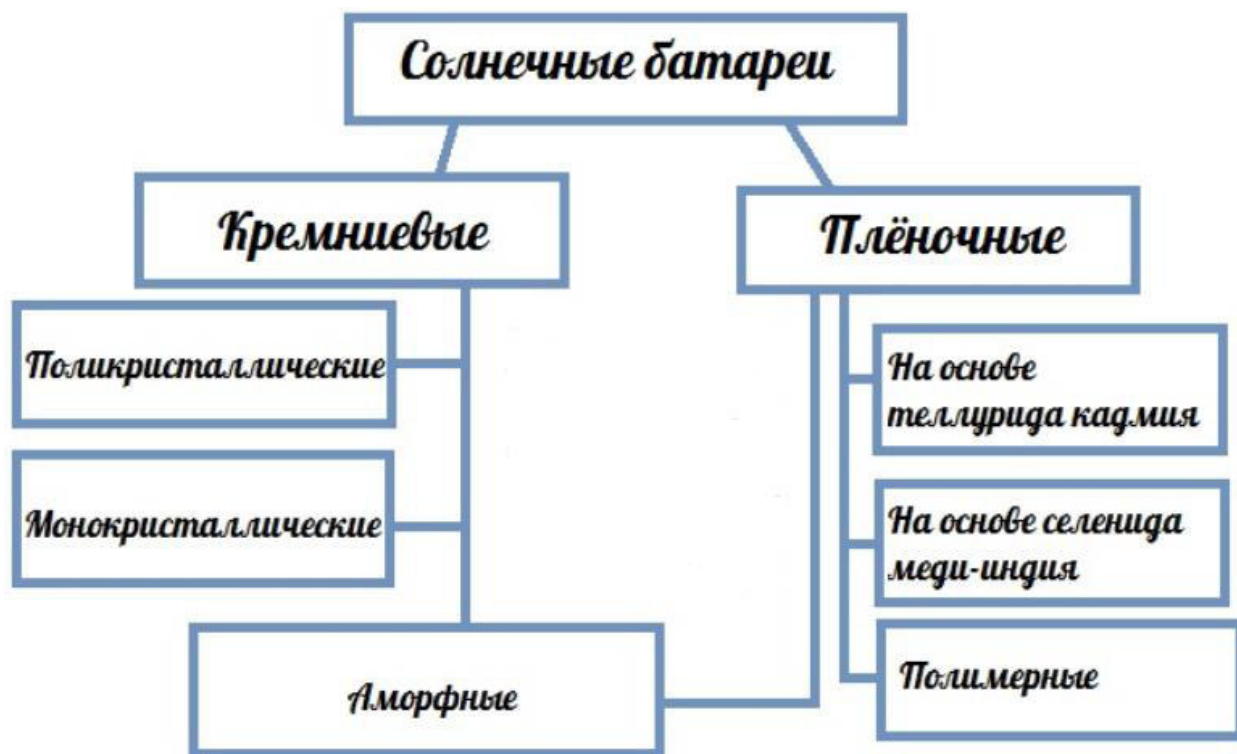


Рисунок 1.2 – Виды фотоэлектрических генераторов

Кремниевые солнечные батареи

Эти солнечные панели в первую очередь славятся своим материалом (кремнием – Si). На сегодняшний день эти батареи являются самыми популярными на рынке. Это благодаря дешевизне и легкодоступностью материала, но при этом обладает хорошими показателями производительности, и не в чем не уступает другим видам солнечных модулей.

Монокристаллические солнечные батареи

Чтобы создать солнечные батареи монокристаллического типа используют высокоочищенный, самый чистый кремний. После того, как очищенный монокристалл затвердевает, его разделяют на супертонкие пластины, толщиной до 300 мкм. Затем готовые пластины соединяют тонкой сеткой из электродов. Из-за того, что технология производства в разы сложнее, то и стоят они дороже, например, в сравнении с аморфными

батареями. Но такие батареи стоит выбирать за их высокий КПД (около 20%). Для солнечных батарей это хороший показатель.

Поликристаллические солнечные панели

Если кремниевую субстанцию подвергнуть медленному охлаждению, то на выходе мы получим поликристаллы. Такой метод производства значительно дешевле чем в монокристаллический тип панелей, поэтому и цена этого вида дешевле. А также для изготовления требуется меньше энергии, а это ещё раз положительно действует на цену. Но у таких батарей КПД ниже — до 18%. [21] Связано такое падение коэффициента с образованиями внутри поликристалла, которые снижают эффективность. Для того чтобы ещё лучше разобраться в различиях между первым и вторым типом батарей, взгляните на таблицу 1.2.

Таблица 1.2 – Сравнение монокристаллических и поликристаллических солнечных панелей

Фактор	Монокристаллы	Поликристаллы
Разница в структуре	Кристаллы направлены в одну сторону, зёрна параллельны	Кристаллы направлены в разную стороны, не параллельны
Стабильность работы	Высокая	Меньше
Стоимость	Дорогостоящие батареи	Также дорогостоящие, но дешевле
Окупаемость	2 года	До 3-х лет
КПД	До 22%	До 18%
Технология производства	Совершеннее, сложнее, точнее	Проще, отсюда и низкая стоимость

Аморфные солнечные панели

Данный вид можно отнести как к кремниевым батареям (потому что материал изготовления является — кремний), так и к плёночным, ведь изготовлены они по методу производства плёночных батарей. Но всё же отличия есть.

Здесь используются не кристаллы кремния, а так называемый силан (кремне водород). Им покрывают подложку, внутри батарей. КПД у такого вида батарей намного ниже — около 5%. Но есть и преимущества, среди которых можно назвать: панель является эластичной, у нее намного лучшее поглощение чем у других солнечных батарей (в 20 раз лучше), также стабильно работает при отсутствии прямого солнца, когда пасмурно.

Иногда для получения большей эффективности производят комбинацию моно и поликристаллических панелей с аморфными. Такое сочетание позволяет соединить преимущества двух различных типов. Например, батареи лучше работают, когда солнца недостаточно для кристаллических батарей.

Плёночные солнечные батареи

Плёночные панели — это следующий шаг развития источников питания на солнечной энергии. Шаг, который продиктован в первую очередь необходимостью снижения цен на производство батарей и стремлением к повышению энергоэффективности.

Плёночные батареи на основе теллурида кадмия

Кадмий — это материал, который был открыт для солнечных батарей в 70-х годах и обладает высоким уровнем светопоглощения. В настоящее время, этот материал применяется не только в космосе (на околоземной орбите), но и активно применяется в качестве материала для солнечных панелей общего и домашнего пользования.

Но самой главной проблемой в использовании такого материала является его ядовитость. Однако исследования говорят о том, что уровень кадмия, который уходит в атмосферу, слишком мал, чтобы наносить вред здоровью человека и экосистеме. КПД у таких батарей составляет в районе 10%.

Плёночные панели на основе селенида меди-индия

Тип солнечных батарей, в которых материалом служит медь, индий и селен (как полупроводник). Кстати, индий — это основной, очень

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

необходимый материал, который используется в производстве жидкокристаллических мониторов. Поэтому, оставляя такой материал для этих целей, часто используют галлий, который замещает индий по своим функциям. КПД здесь выше, чем у батарей из теллурида кадмия — около 20%.

Полимерные солнечные панели

Это вид солнечных батарей, был изобретён и вступил на производство не так давно. Здесь проводниками выступают полифенилен, фуреллены, фталоцианин меди. При этом плёнка получается очень тонкая — около 100 нм. Имеет низкий уровень КПД (около 5%), но всё же можно выделить несколько достоинств, почему стоит выбирать этот тип солнечных батарей: отсутствие вредных выделений в атмосферу, доступность и дешевизна материалов. Так что такие батареи отлично подходят потребителям, ведь обладают отличной эластичностью и экологичностью.

Арсенид-галлиевые солнечные батареи

Эти солнечные батареи, созданные с использованием арсенида галлия (соединение галлия и мышьяка), похожи на привычные нам кремниевым фотоэлементам. Арсенид галлия – это полупроводник, который обладает такими же гелиоэнергетическими свойствами, как и кремний, но является более эффективным с точки зрения производительности. Именно поэтому солнечные элементы на его основе обладают большим КПД (до 44%).

Тем не менее применяют такие батареи гораздо реже, причем главным образом они применяются в специализированных отраслях (например, в космической сфере). Это объясняется тем, что основной недостаток панелей является очень высокая стоимость. И сам материал, и технологический процесс производства гораздо дороже, чем для кремниевых аналогов. Кроме того, галлий является достаточно остродефицитным полупроводником. Поэтому солнечные батареи этого типа не вышли в широкое производство, несмотря на их более высокую эффективность и лучшие характеристики.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

В конце хотелось бы сравнить коэффициенты полезного действия каждого типа солнечных батарей, но нужно забывать, что помимо КПД есть много других факторов, которые могут зарекомендовать каждый тип как с хорошей, так и плохой стороны.

В таблице 1.3 представлено сравнение уровня КПД различных солнечных батарей.

Таблица 1.3 – Сравнение КПД различных солнечных батарей

Виды солнечных батарей	КПД, %
Монокристаллические	17-22%
Поликристаллические	12-18%
Аморфные	5-6%
Теллурид кадмия	10-12%
Селенид меди-индия	15-20%
Полимерные	5-6%
Арсенид-галлиевые	35-44%

1.3 Устройство фотоэлектрических панелей

В хороших солнечных батареях на 12 вольт должно быть 36 элементов, на 24 вольта — 72 фотоэлемента. При меньшем числе фотоэлементов вы никогда не получите заявленный ток. И это — лучший из вариантов.

Не стоит покупать сдвоенные солнечные панели — по 72 и 144 элемента соответственно. Во-первых, они очень большие, что неудобно при перевозке и установке. Во-вторых, при достаточно низких температурах, которые с нашим климатом периодически случаются, они первыми выходят из строя. Все дело в том, что ламинирующая пленка при сильных морозах заметно уменьшается в размерах. И из-за большого натяжения она

отслаивается или даже рвется. Теряется прозрачность, катастрофически падает производительность. Панель необходимо будет отдать в ремонт.

Также на больших по размерам панелях должна быть больше толщина корпуса и стекла. Ведь увеличивается парусность и снеговые нагрузки. Но далеко не всегда это делают, так как значительно возрастает цена. Следуя всему выше перечисленному лучшим выбором будет солнечная панель (для дома) на 12 вольт, состоящая из 36 фотоэлементов. Это оптимальный вариант, проверенный практикой.

Любой фотоэлемент должен обладать следующими техническими требованиями:

- применяемый материал должен быть химически чистым;
- срок службы должен составлять не менее 20 лет, учитывая условия воздействия окружающей среды (от -30 до $+200^{\circ}\text{C}$). А также электрические контакты и прочие узлы соединения должны быть защищёнными от коррозии, влаги;
- выход из строя одного элемента не должно служить причиной к выходу из строя всей системы (параллельное, последовательное соединение, шунтирующие диоды);
- готовые модули при необходимости должен быть транспортабельным.

В сертифицированных солнечных батареях всегда указывается рабочий ток и напряжение, а также напряжение холостого хода и ток КЗ. При этом стоит учесть, что все параметры обычно указываются для температуры $+25^{\circ}\text{C}$. Но в солнечный день на крыше батарея разогревается до температур, значительно превышающих эту цифру. Это объясняет наличие большего рабочего напряжения.

Вольт-амперная характеристика фотоэлектрического модуля представлена на рисунке 1.3.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

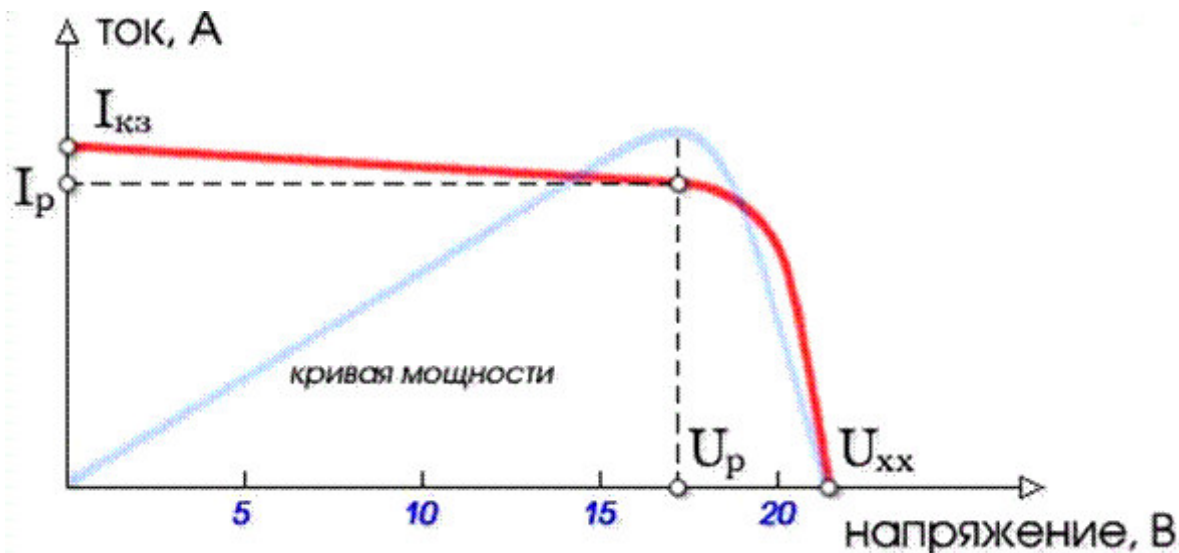


Рисунок 1.3 – ВАХ фотометрического модуля

Также нужно обращать внимание на напряжение холостого хода. В нормальных батареях это значение составляет порядка 22 В. Но, если проводить работы на оборудовании, не отключив солнечные батареи, напряжение холостого хода выведет из строя инвертор или другую подключенную технику, не рассчитанную на подобный вольтаж. Поэтому при любых работах: переключении проводов, подключении/отключении аккумуляторов и т.п. — первое что нужно сделать это отключить солнечные батареи (снять клеммы).

Большинство солнечных батарей имеют алюминиевый корпус. Этот металл не подвергается коррозии и при достаточной прочности имеет небольшую массу. Нормальный корпус должен быть собран из профиля, в котором присутствуют, как минимум, два ребра жесткости. К тому же стекло не просто закрепляется сверху, а должно быть вставлено в специальный паз. Все это — признаки нормального качества.

Также при выборе солнечной батареи важно обратить внимание на стекло. В нормальных батареях оно не гладкое, а текстурированное. На ощупь — шершавое, если провести ногтями, слышен шорох. К тому же должно иметь качественное покрытие, которое сводит к минимуму блики.

Это означает что в нем не должно ничего отражаться. Если хоть под каким-то углом видны отражения окружающих предметов, лучше найдите другую панель.

Типичная структура ФЭП представлена на рисунке 1.4.



Рисунок 1.4 – Структура фотоэлектрической панели

Полимерная пленка необходим для того, чтобы обеспечить полную герметичность солнечных элементов при работе на открытом воздухе круглый год. Если воздух или влага попадет внутрь солнечного модуля, то произойдет окисление и разрушение контактов солнечных элементов, что приведет к выходу модуля из строя. В качестве защитной пленки обычно применяется EVA (этиленвинилацетатная) пленка. К сожалению, она же и является одним из факторов "старения" фотоэлектрических модулей, т.к. со

временем теряет свою прозрачность. И сейчас во всем мире ведутся работы по замене EVA на другие материалы, но в производстве пока используют именно этот материал.

Подключать солнечные батареи необходимо медным одножильным кабелем. Сечение жилы кабеля зависит от расстояния между ФЭГ и аккумулятором:

Если расстояние менее 10 метров:

- на одну солнечную батарею ($P=100$ Вт) — $1,5 \text{ мм}^2$;
- на две батареи — $2,5 \text{ мм}^2$;
- три батареи — $4,0 \text{ мм}^2$;

Если расстояние больше 10 метров:

- для одной панели берем — $2,5 \text{ мм}^2$;
- двух — $4,0 \text{ мм}^2$;
- трех — $6,0 \text{ мм}^2$.

Можно брать сечение больше, но не меньше (так как будут большие потери, а оно нам не надо). При выборе проводов, нужно обращать внимание на реальное сечение, потому что заявленные размеры очень часто не соответствуют действительным.

К достоинствам фотоэлектрических генераторов можно отнести – долговечность, бесшумность, экологичность, простота обслуживания, простой принцип работы, нет необходимости в топливе. А главными недостатками являются низкий КПД и высокая стоимость.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

2 Расчет и проектирование светового прибора

2.1 Техническое задание

Для проектирования светового прибора, в первую очередь необходимо техническое задание. Задачей является разработать осветительную установку на базе автономного уличного фонаря (прототип), представленного на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – Автономный уличный светильник

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Автономный светодиодный уличный фонарь предназначен для освещения улиц, дворовых зон, автомобильных парковок, пешеходных переходов, автобусных остановок. [1]

В таблице 2.1 представлены характеристики прототипа.

Таблица 2.1 – Технические и светотехнические характеристики прототипа

Параметр	Значение
Мощность светильника, Вт	40
Световой поток, лм	4000
Тип лампы	Светодиоды CREE XP-L High Intensity LED
Степень защиты светильника	IP65
Климатическое исполнение и категория размещения	У1
Тип КСС	Полуширокая (Л)
Цветовая температура, К	6000
Мощность солнечной батареи, Вт	150
Емкость АКБ, А*ч	100
Время автономной работы, ч	48
Высота мачты, м	7
Материал мачты	сталь, порошковая окраска
Диапазон рабочих температур	от – 50 до 90 °С
Срок службы светильника, ч	20 лет
Срок службы АКБ, ч	10 лет
Цена, руб	84 500

Для уличного освещения рекомендуется применять светильники прямого света с КСС типа Л. На рисунке 2.1 представлена КСС прототипа светового прибора.

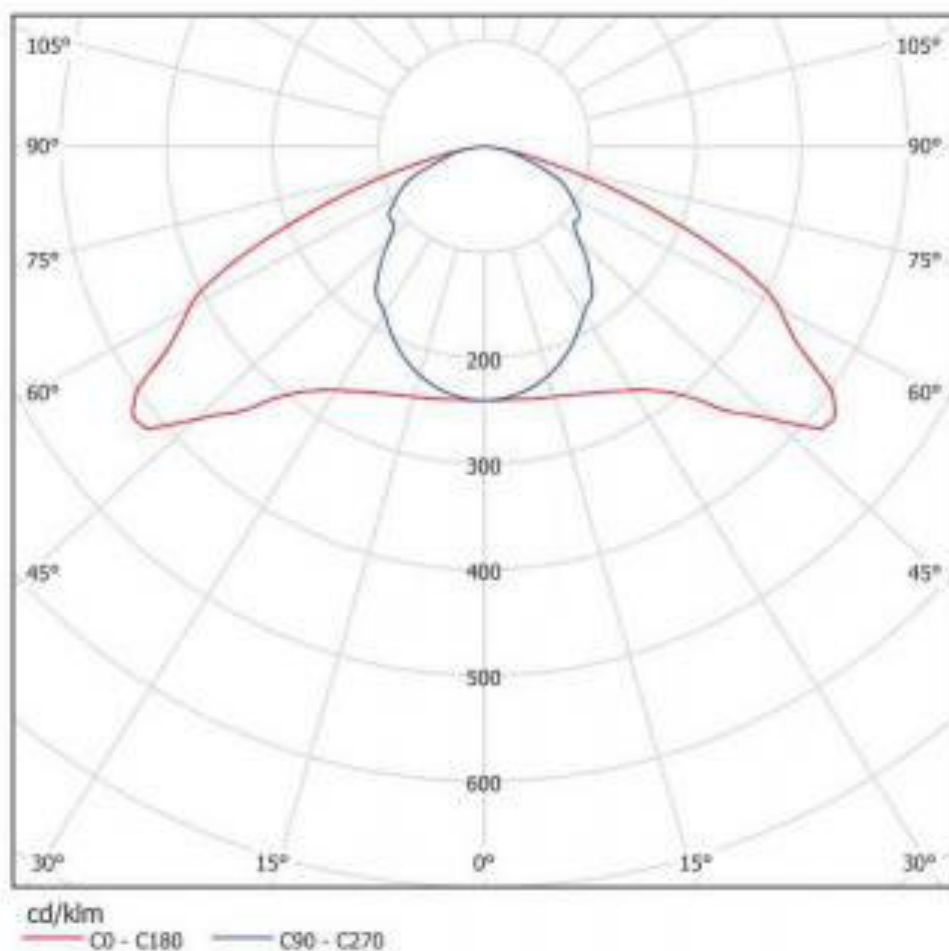


Рисунок 2.1 – Кривая силы света прототипа

2.2 Описание используемых светодиодов

В качестве источника света в уличном светильнике используются светодиоды CREE XPGWHT-L1-0000-00H53, которые обеспечивают самые лучшие характеристики по многим параметрам в своей группе. В светильнике используется 28 светодиодов. На рисунке 2.2 представлен используемый светодиод CREE XPGWHT-L1-0000-00H53.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-12.03.02-12-18

Лист

29

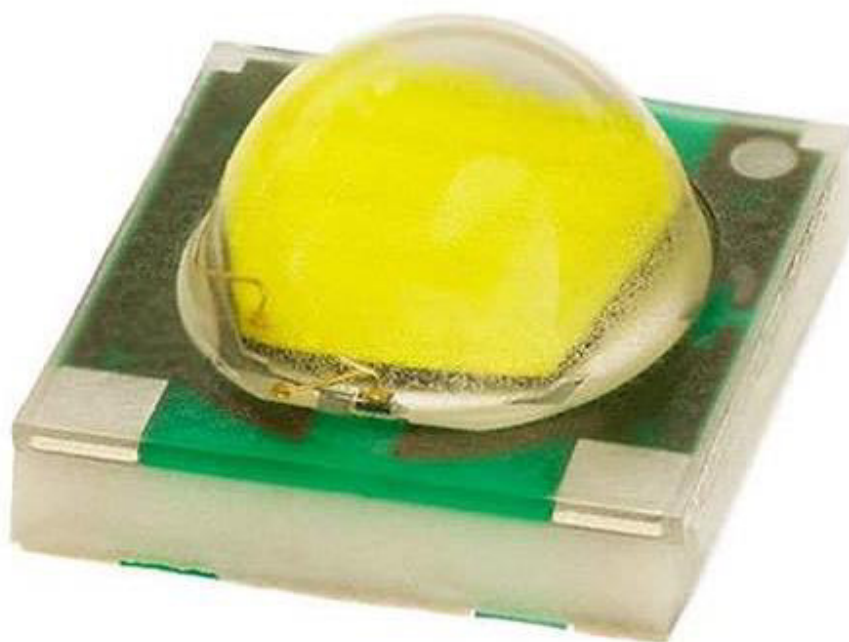


Рисунок 2.2 – Используемые светодиоды CREE XPGWHT-L1-0000-00H53

Светодиоды выпускаются в керамическом полностью симметричном корпусе для поверхностного монтажа.

В таблице 2.2 представлены технические характеристики данного светодиода [7].

Таблица 2.2 – Технические характеристики светодиода

Характеристики	Значение
Производитель	CREE (США)
Номинальный световой поток, лм	145
Рабочая температура, °С	-40 ÷ +85
Номинальный ток, мА	350
Напряжение питания, при токе 350 мА	2,9 В
Прямое падение напряжения	1 Вт
Цветовая температура, К	6000
Размер, мм	3,45x3,45x2,0
Угол свечения, °	125
Индекс цветопередачи	От 80 до 90 Ra
Цвет свечения	Белый

На рисунке 2.3 представлены размеры светодиода.

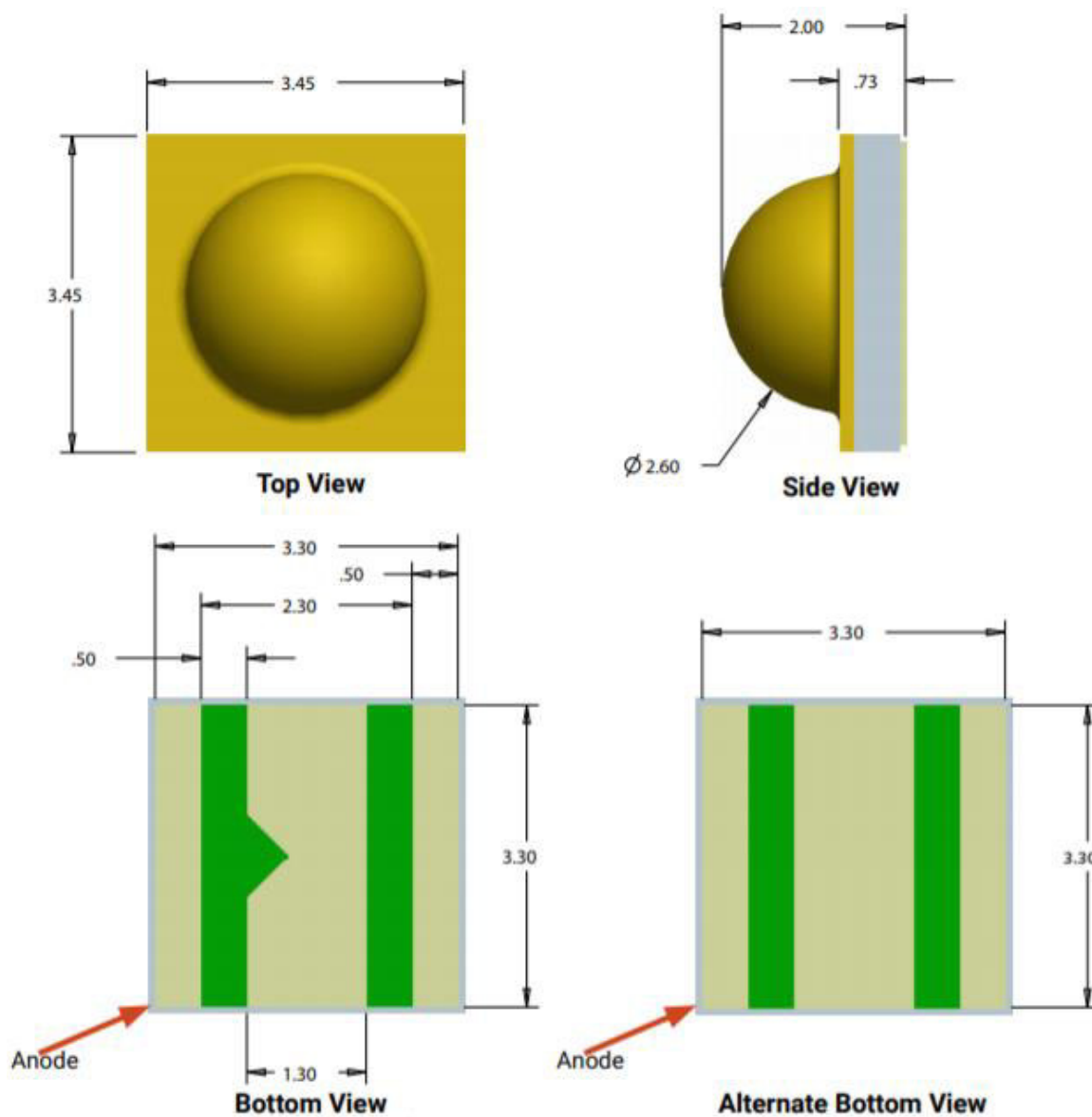


Рисунок 2.3 – Размеры светодиода CREE XPGWHT-L1-0000-00H53

Преимущества светодиодных источников света:

- долгий срок службы светодиодов (примерно 50000 часов);
- низкое энергопотребление по сравнению с другими источниками света;
- высокая светоотдача;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-12.03.02-12-18

Лист

31

- устойчивы к механическим повреждениям из-за отсутствия у них хрупких элементов, таких как стеклянная колба или нить накаливания;
- экономическая выгода - результат сочетания долговечности и экономии электроэнергии;
- возможность выбора цветовой температуры светодиода в зависимости от цели освещения;
- отсутствие фосфора, ртути и других токсичных элементов позволяет говорить об экологичности и безопасности этого источника света.

На рисунке 2.4 представлен светодиод CREE XPLAWT-H0-0000-000BV20E3 в Компас 3D.

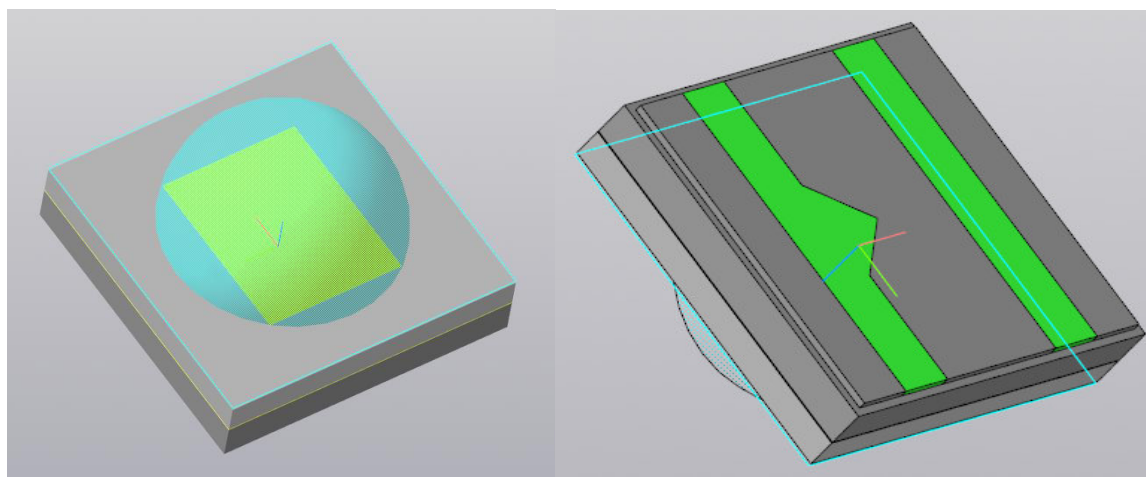


Рисунок 2.4 – Светодиод CREE XPGWHT-L1-0000-00H53

КСС светодиода типа Д (косинусная) представлена в прямоугольных координатах на рисунке 2.5.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

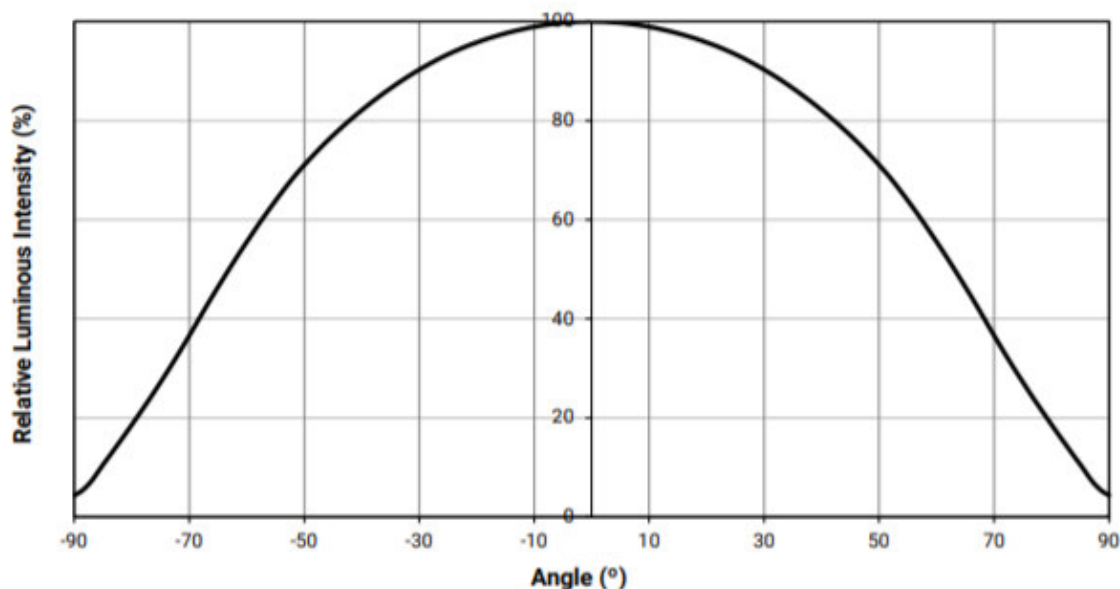


Рисунок 2.5 – КСС СД из datasheet

2.3 Выбор и обоснование оптической системы светильника

Основную роль в перераспределении и преобразовании светового потока источника света играет оптическая система светового прибора или светоперераспределяющие устройства.

Выбор оптической системы зависит от сложности выполняемой работы и ее специфики. Также большое значение имеют такие свойства как внешний вид, эффективность и габариты светового прибора.

Разрабатываемый световой прибор предназначен для освещения улиц, дворовых зон, автомобильных парковок, пешеходных переходов, автобусных остановок.

Осветительный прибор должен иметь полуширокую КСС. Чтобы решить эту проблему, необходимо использовать вторичную оптику, которая исправит диаграмму направленности излучения.

В проектируемом светодиодном светильнике используется вторичная оптика марки Ledlink LL01CR-OW70130L, такая линза приведена на рисунке 2.6. [9].



Рисунок 2.6 – Линза марки Ledlink LL01CR-OW70130L

LEDLINK — это тайваньская компания, основанная в 2008 году, стремительно охватившая рынок. LEDLINK выпускает линзы под практически все типы светодиодов, существующие на сегодняшний день. Вся продукцию компании отличает высокий уровень качества при вполне доступной цене.

Ledlink LL01CR-OW70130L предназначены для более мелких светодиодов. Линзы изготовлены из пластика. Однако, конструкция обеспечивает оптическую эффективность 94%. Установка в светильнике с помощью клея или механического держателя защитит светодиоды от воды или попадания пыли. [13]

Чертеж линзы представлен на рисунке 2.7.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

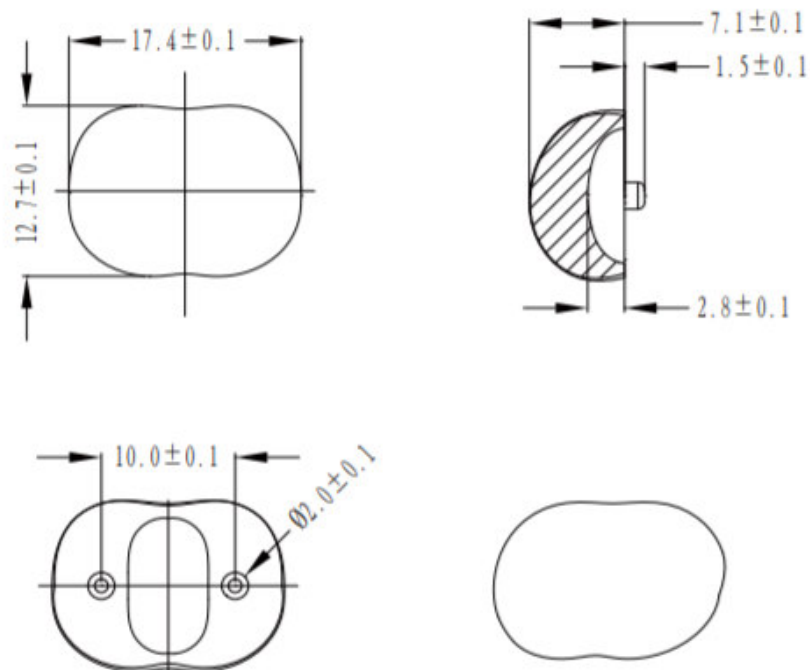


Рисунок 2.7 – Чертеж линзы Ledlink LL01CR-OW70130L

Кривая силы света линзы представлена на рисунке 2.8.

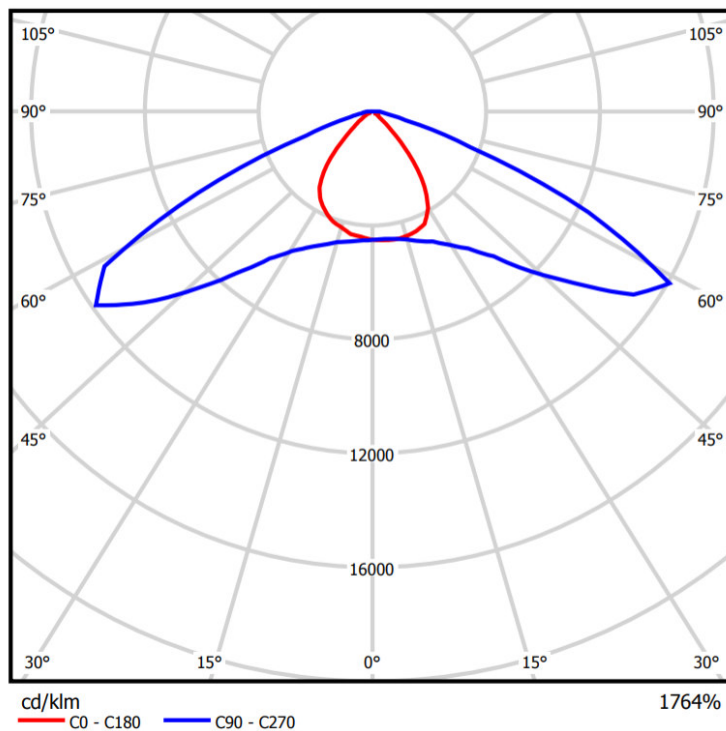


Рисунок 2.8 – КСС линзы Ledlink LL01CR-OW70130L из datasheet

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

На рисунке 2.9 представлена модель линзы в Компас 3D.

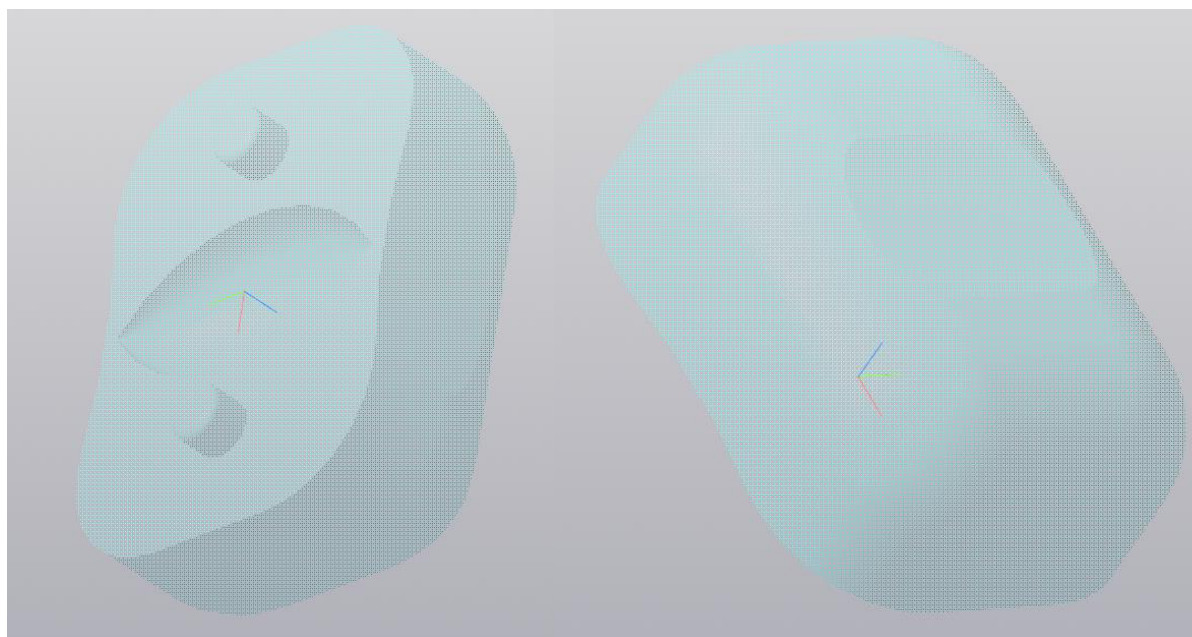


Рисунок 2.9 – Линза Ledlink LL01CR-OW70130L в Компас 3D

2.4 Описание используемого контроллера с драйвером

Герметичный контроллер солнечных батарей с понижающим драйвером предназначен для подключения уличных светодиодных фонарей мощностью до 100 Ватт к системе автономного питания на солнечных панелях.

Установленный в контроллере программируемый таймер позволяет автоматически включать освещение ночью на определенное время (от 1 до 16 часов, от заката до рассвета), а также устанавливать до 3-х временных интервалов с разной мощностью светильника (например, первые 2 часа работа на мощности 100%, вторые 2 часа на мощности 60%, а затем еще 3,5 часа на мощности 30% от номинальной). [9]

В проектируемом светодиодном светильнике используется контроллер производителя Epever LS2024100GPLI (рисунок 2.10).

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Конструктивно корпус выполнен из алюминия. При работе предполагает охлаждение за счёт естественной конвекции. Допускает внешние воздействия с окружающей средой по классу IP68.



Рисунок 2.10 – Контроллер типа Epever LS2024100GPLI

Эта модель контроллера заряда поддерживает работу с солнечными батареями мощностью до 300 Ватт при напряжении 12 Вольт или до 600 Ватт при напряжении 24 Вольта.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Программирование контроллера, включая выбор типа АКБ, осуществляется с помощью компьютера через программатор SPP-02 или с мобильного телефона с ОС Android, имеющего инфракрасный порт (или при помощи USB адаптера инфракрасного порта IR-Android-Micro).

В таблице 2.3 приведены параметры контроллера заряда Epever LS2024100GPLI.

Таблица 2.3 – Параметры контроллера заряда Epever LS2024100GPLI

Характеристики	Значение
Алгоритм заряда	PWM (4 стадии), программируется
Максимальный ток солнечных батарей, А	20
Выключатель нагрузки	есть (таймер)
Напряжение системы, В	12/24 (автоматически)
Выносной температурный датчик	есть (на проводе длиной 5 см)
Выбор типа аккумулятора	есть (AGM / GEL / Flooded), выбор через SPP-02 или ОС Android
Собственное потребление, мА	16 (20)
Напряжение отключения нагрузки, В	11,1 (22,2), программируется
Напряжение подключения нагрузки, В	12,6 (25,2), программируется
Цифровой дисплей	нет
Выносной цифровой дисплей	нет
Максимальное сечение подключаемых проводов, мм ²	любое (из контроллера выходят провода сечением 4 мм ² для подключения через клеммник)
Рабочий температурный диапазон, °С	-35...+55
Влажность (без конденсата)	10...95% (IP68)
Габаритные размеры, мм	109 x 88 x 26
Вес, кг	0.39
Цена, руб	2 150

Программируемый драйвер позволяет настроить рабочий ток светодиодов. Высокоэффективная технология точного контроля выходного тока позволяет обеспечить одинаковый световой поток светодиодного светильника независимо от напряжения на аккумуляторе. Поддержание постоянного тока также увеличивает срок службы светодиодных ламп.

В таблице 2.4 приведены технические характеристики встроенного в контроллер драйвера.

Таблица 2.4 – Технические характеристики встроенного драйвера в контроллере Epever LS2024100GPLI

Характеристики	Значение
Номинальное напряжение светильника, В	12 / 24
Номинальная выходная мощность	50 Вт при 12 В, 100 Вт при 24 В
Диапазон напряжений по входу АКБ, В	8...32
Диапазон напряжений по выходу светильника, В	9 ... $U_{акб} - 0,5$ В (9 ... $U_{акб} - 1$ В при 24 В)
Максимальный выходной ток, А	5,0
Диапазон регулировки выходного тока, А	0,3...5,0
Максимальная эффективность драйвера	96%
Коэффициент мощности	0,95

При помощи этого драйвера можно подключать светодиодные светильники на 12 Вольт к аккумулятору на 12 Вольт, а также светильники на 12 и 24 Вольта к аккумулятору на 24 Вольта (преобразование напряжения происходит автоматически).

Выходной ток по умолчанию настроен на 0,35 А. При подключении нагрузки необходимо настроить выходной ток, иначе светильник или светодиодная лента может выйти из строя.

Напряжение системы (12 или 24 Вольта) выбирается контроллером автоматически на основе измерения напряжения подключенных аккумуляторов. Напряжение подключаемых к контроллеру солнечных

батареи должно быть равно напряжению подключенного аккумулятора (т.е. нельзя, например, использовать солнечную батарею с напряжением 24 В для зарядки аккумулятора 12 В). Это особенность всех контроллеров заряда PWM-типа.

2.5 Выбор аккумуляторной батареи для уличного автономного светильника

Аккумуляторов сейчас очень много на любой вкус и цвет, но не все аккумуляторы подходят для солнечных батарей. Самые известные это автомобильные стартерные аккумуляторы. Но про автомобильные АКБ можно заметить, что они "одноразовые", и лишь в лучшем случае могут прослужить до 3-х лет, а так обычно их и на год не хватает, особенно когда полная автономная электростанция где АКБ работают в циклическом режиме и часто глубоко разряжаются. Эти аккумуляторы бесспорно самые дешевые, но наиболее не подходящие для солнечных батарей, и проводить замену АКБ каждый год не особо радует.

При выборе любого товара покупатель руководствуется определенными критериями выбора. Существуют они и к аккумуляторам для солнечных батарей, можно назвать следующие критерии: цена, условия необходимые для эксплуатации аккумулятора (температура, вентиляция, условия обслуживания, учитывается также отсутствие или наличие специального помещения), требующийся срок службы аккумулятора.

Для данного проекта были сравнены два вида аккумуляторов фирмы SunStonePower: свинцово-кислотный (AGM) и гелевый (GEL). Проведем сравнение этих АКБ чтобы выбрать наиболее подходящий. На рисунке 2.11 представлен внешний вид свинцово-кислотного АКБ.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40



Рисунок 2.11 – Свинцово-кислотный тяговый аккумулятор SunStonePower ML 100Ач 12В AGM

Свинцово-кислотный АКБ SunStonePower ML AGM изготовлены по технологии с абсорбированным электролитом (AGM). Также в батареях серии ML применена более совершенная конструкция решеток из особо чистого сплава свинца, что увеличивает срок службы и улучшает разрядные характеристики.

В первую очередь нужно разобраться, что означает аббревиатура «AGM». Ее расшифровка звучит как «Absorbent Glass Mat», в переводе с английского это словосочетание означает «поглощающее стекловолокно». Фактически, это обыкновенная стеклоткань, расположенная между положительными и отрицательными свинцовыми пластинами. В этой стеклоткани в "связанном" состоянии находится электролит. Благодаря тому, что электролит находится в связанном состоянии, возможна эксплуатация батарей в любом положении (например, на боку).

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Применять AGM аккумуляторы целесообразно в системах резервного питания т.е. там, где разряды будут достаточно редким. Также при условии соблюдения оптимального температурного режима (15-25 °С) и, если не оставлять батарею в разряженном состоянии, AGM модель прослужит заявленный производителем срок службы.

На рисунке 2.12 представлен внешний вид гелевого АКБ.



Рисунок 2.12 – Гелевый тяговый аккумулятор SunStonePower MLG 100Ач
 12В

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

Гелевый аккумулятор SunStonePower серии MLG зарекомендовал себя как надежный аккумулятор для систем резервного электроснабжения и для работы в системах электропитания на солнечных батареях.

GEL расшифровывается, как гель. В гелевых аккумуляторах в качестве сепаратора между свинцовыми пластинами применяется силикагель, которым заливается пространство между пластинами. После застывания силикагель представляет собой твердое вещество с огромным количеством пор, в которых удерживается электролит. Благодаря тому, что силикагель полностью занимает пространство между пластинами, в гелевых АКБ практически невозможно осыпание свинцовых пластин и как следствие, выход из строя.

Кроме того, такая конструкция позволила улучшить характеристики гелевых аккумуляторов, а именно, устойчивость к глубоким (100%) разрядам. И если их номинальный срок службы ненамного больше (около 20%) срока службы аккумуляторных батарей технологии AGM, то количество циклов гелевой батареи в среднем на 50% выше.

Сравнительные характеристики свинцово-кислотного и гелевого АКБ приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Сравнительные характеристики свинцово-кислотного и гелевого АКБ

Общие параметры:		
1	2	3
Модель	SunStone Power ML 100AH 12V AGM	SunStone Power MLG 100Ah 12V Gel
Напряжение	12 В	12 В
Емкость	100 Ач	100 Ач
Фактическая емкость при 10-ти часовом цикле разряда	101,39 Ач	105,39 Ач
Толщина плюсовых пластин	2,9 мм	2,9 мм
Толщина минусовых пластин	2,1 мм	2,1 мм
Тип клемм	M8	M8

Окончание таблицы 2.5

1	2	3
Срок службы:		
В буферном режиме	10 лет	12 лет
В циклическом режиме при 30% глубине разряда	1200 циклов разряда/заряда	2000 циклов разряда/заряда
В циклическом режиме при 50% глубине разряда	500 циклов разряда/заряда	1100 циклов разряда/заряда
В циклическом режиме при 100% глубине разряда	250 циклов разряда/заряда	450 циклов разряда/заряда
Температурные режимы:		
Хранение	от -15°C до +40°C	от -15°C до +40°C
Заряд	от 0°C до +40°C	от 0°C до +40°C
Разряд	от -15°C до +40°C	от -15°C до +40°C
Емкость при температуре + 25 °С	100 Ач	100 Ач
Емкость при температуре + 10 °С	95 Ач	95 Ач
Емкость при температуре 0 °С	90 Ач	90 Ач
Емкость при температуре - 10 °С	80 Ач	80 Ач
Емкость при температуре - 20 °С	70 Ач	70 Ач
Параметры заряда, разряда:		
Заряд постоянным напряжением (25°C)		
Циклический режим	14.4-14.8 В	14.4-14.8 В
Буферный режим	13.5-13.8 В	13.5-13.8 В
Максимальное напряжение заряда	14.8 В	14.8 В
Минимальное напряжение заряда	10.6 В	10.6 В
Максимальный ток заряда	30 А	30 А
Максимальный ток разряда	1000 А	1000 А
Внутреннее сопротивление	5,8 мОм	5,5 мОм
Габариты, вес и цена:		
Длина	329 мм	329 мм
Ширина	172 мм	172 мм
Высота	214 мм	214 мм
Вес	31кг	31,8 кг
Цена	11 250 рублей	12 210 рублей

Также можно сравнить две важных зависимости, влияющие на срок службы аккумулятора. Это зависимость емкости батареи от температуры окружающей среды представленная на рисунке 2.13, для обоих АКБ график будет полностью идентичный.

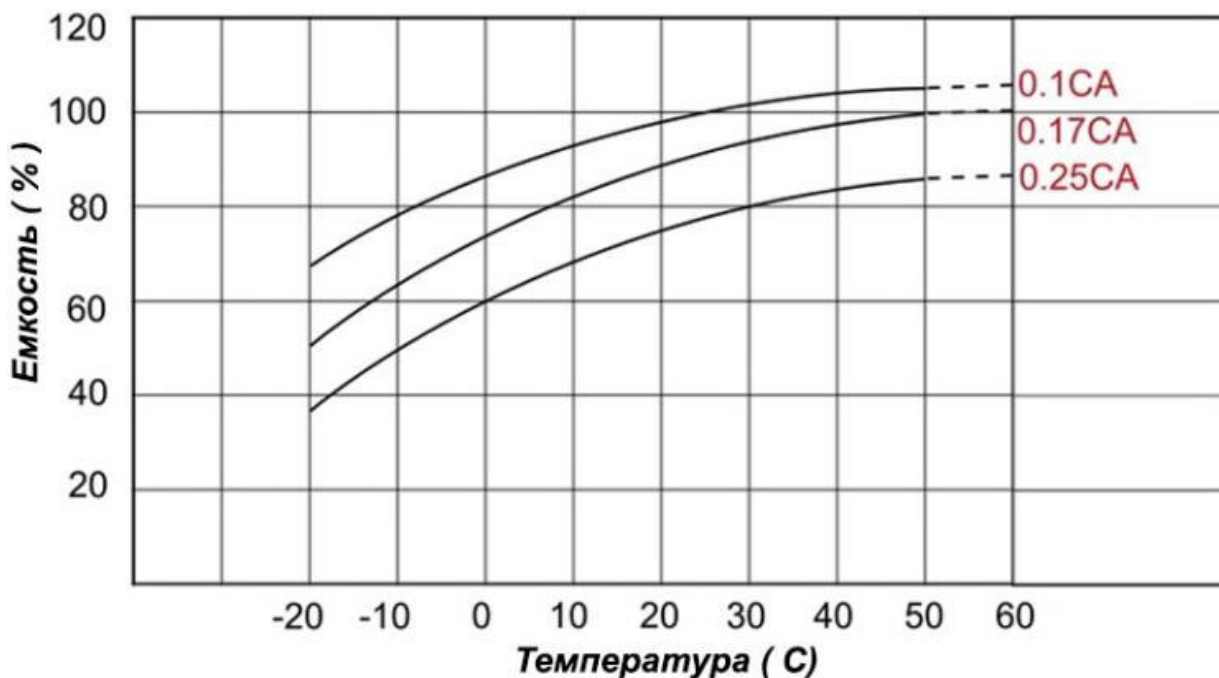


Рисунок 2.13 – График зависимости емкости батареи от температуры окружающей среды

На рисунках 2.14 – 2.15 изображены графики зависимости циклов разряда от глубины разряда.

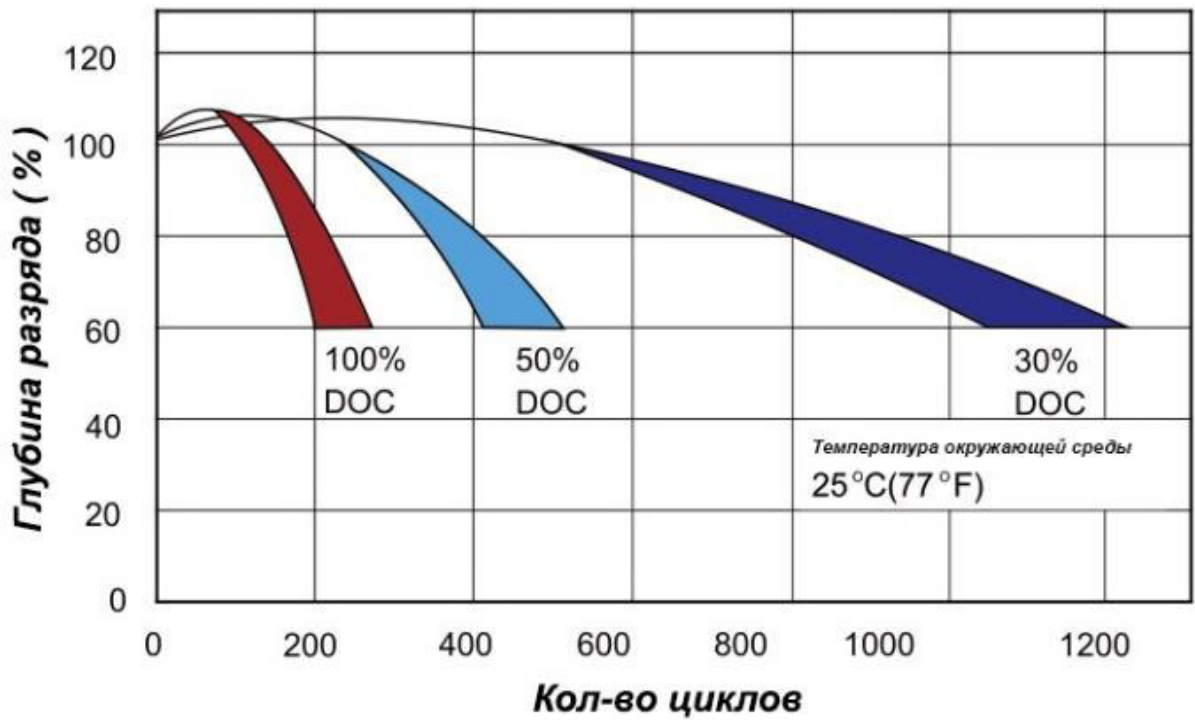


Рисунок 2.14 – График зависимости циклов разряда от глубины разряда свинцово-кислотного АКБ

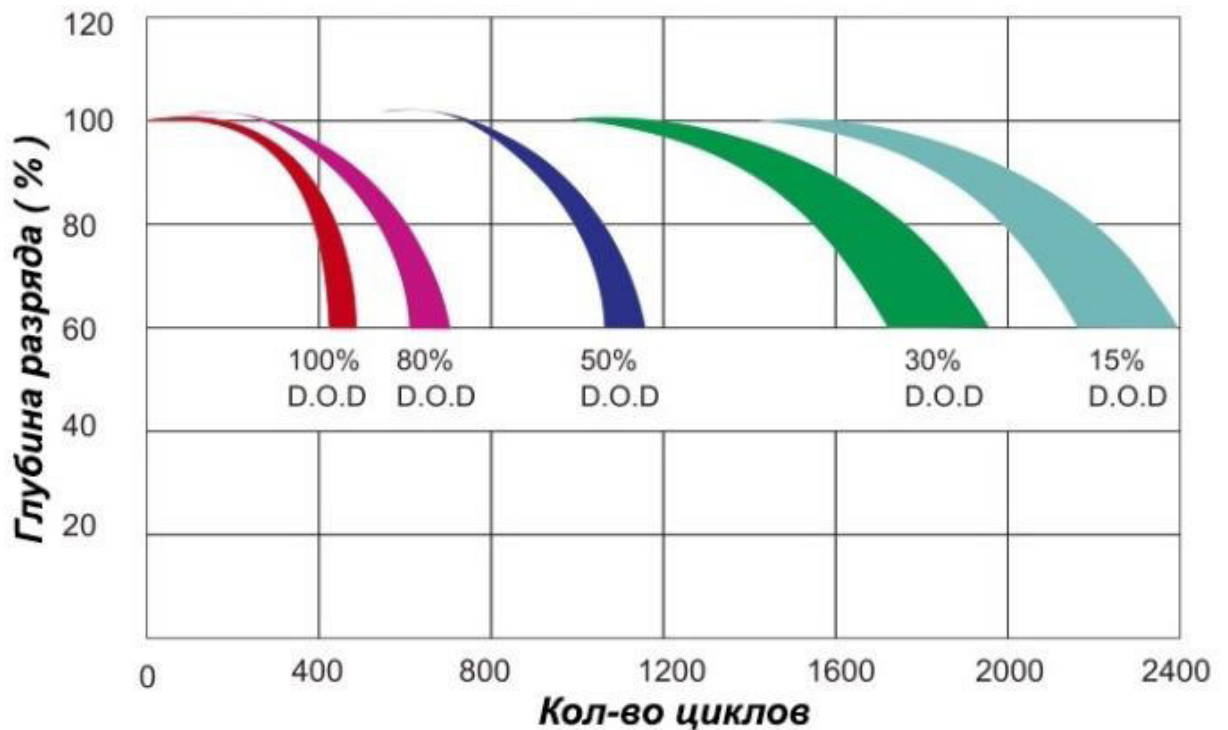


Рисунок 2.15 – График зависимости циклов разряда от глубины разряда гелевого АКБ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Глядя на графики можно сделать вывод что срок службы аккумулятора напрямую зависит от температуры эксплуатации и глубины разряда - чем меньше глубина разряда, тем больше срок службы аккумуляторной батареи.

Проанализировав вышеперечисленные АКБ, я решил выбрать гелевый аккумулятор, так как он дольше может находиться в разряженном состоянии, не теряя свою емкость. Это хорошо тем что в зимнее время АКБ будет получать недостаточно заряда, и при этом должен питать светильник долгое время.

2.6 Выбор солнечной панели

Выяснить необходимую мощность нужно на основании количества энергии потребляемой светильником.

Все мы знаем, что солнечные батареи вырабатывают электричество исключительно в светлое время суток. Кроме того, лишь чистое небо и падение лучей под прямым углом гарантирует выдачу заявленной мощности. В противоположном случае выработка электроэнергии падает. Таким образом, при пасмурной погоде мощность батарей падает в 15-20 раз.

Тем не менее даже при высокой вырабатываемой мощности за месяц не стоит полностью полагаться. Существует ряд факторов, которые могут снизить показатели:

Географическое положение – не может в каком-либо регионе целый месяц состоять только из солнечных дней. Нужно просмотреть архивы погоды и узнать примерное количество пасмурных дней. Около 5-6 дней точно окажутся несолнечными, солнечные батареи не дадут и половины обещанной электроэнергии.

Смена сезонов – осенью и зимой световой день короче, а пасмурных дней больше. Одним из решений будет увеличить массив модулей на 30-50% в зависимости от места использования. [12]

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Дополнительно оборудование – происходят серьезные потери в контроллере, а также аккумуляторах.

Для выбора солнечной панели, нам нужно посмотреть дневную выработку энергии в зависимости от угла наклона. На рисунке 2.16 представлена суммарная выработка энергии за год в зависимости от угла наклона солнечной батареи.

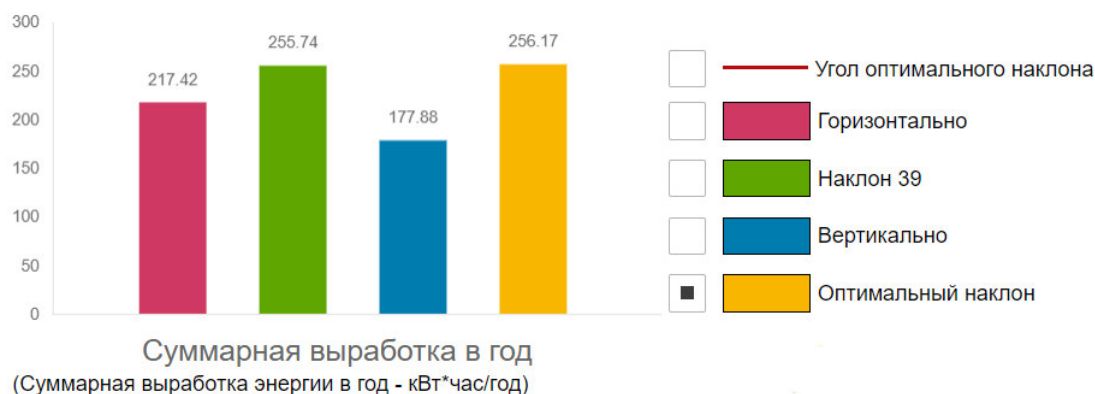


Рисунок 2.16 – Диаграмма суммарной выработки энергии за год в зависимости от угла наклона

Далее подробно изучим выработку энергии за каждый месяц при оптимальном угле наклона, диаграмма представлена на рисунке 2.17.

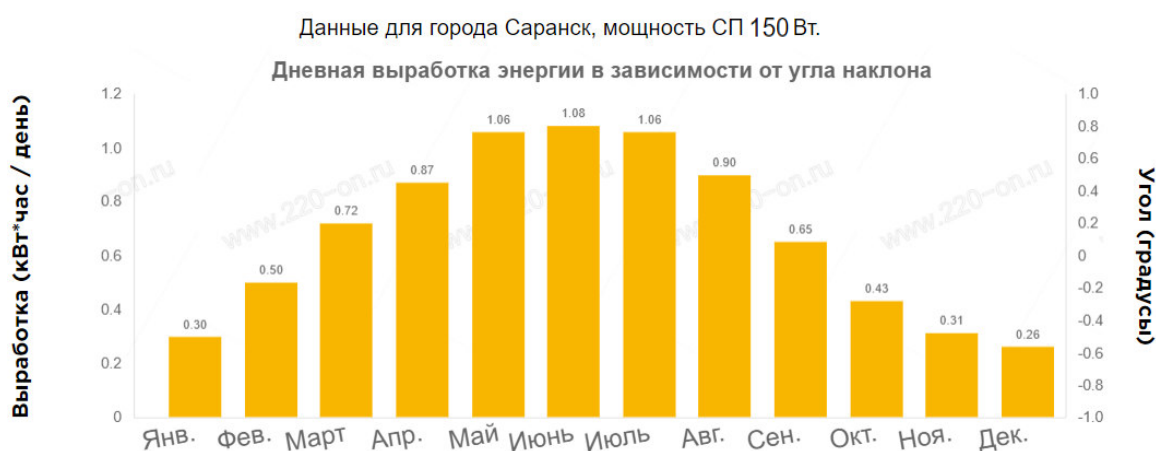


Рисунок 2.17 – Дневная выработка в зависимости от угла наклона

Далее по формуле 2.3 рассчитаем сколько потребуется энергии, если световой прибор должен проработать 6-9 часов в сутки, в зависимости от сезона.

$$W = P * n * 9 (\text{Вт/ч}) \quad (2.3).$$

где W – требуемая энергия, Вт/ч;

P – мощность светодиода, Вт;

n – количество светодиодов.

Таким образом, мы имеем 28 светодиодов мощностью 1 Вт, и светят они около 9 часов.

$$W = 1 * 28 * 9 = 252 \text{ Вт/ч.}$$

Следовательно, даже осенью и зимой, когда световой день короче, солнечная панель будет справляться со своими обязанностями.

Для данного светового прибора была выбрана солнечная батарея 200М TopRay Solar серии TPS105S, изготовлена из высокоэффективных монокристаллических солнечных элементов первой категории качества Grade A (это солнечная панель, прошедшая строгий инструментальный и внешний контроль у производителя), что гарантирует повышенную производительность и надежность модуля.

Солнечный модуль изготавливается из 72 монокристаллических солнечных элементов размером 125x125 мм. Производитель гарантирует что срок службы солнечного модуля составляет 10 лет. А также заверяет сохранение заявленной мощности более чем 90% от номинальной мощности – в течение 10 лет, сохранение заявленной мощности более чем 80% от минимальной номинальной мощности – в течение 25 лет. Внешний вид панели представлен на рисунке 2.18.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49



Рисунок 2.18 – Солнечная батарея 150М TopRay Solar серии TPS105S

В таблице 2.6 представлены характеристики солнечной панели TopRay Solar TPS105S.

Таблица 2.6 – Характеристики солнечной панели TopRay Solar TPS105S

Характеристики	Значение
1	2
Мощность, Вт	150
Напряжение холостого хода, В	22,4
Напряжение при работе на нагрузке, В	18,1

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Окончание таблицы 2.6

1	2
Номинальное напряжение, В	12
Ток короткого замыкания, А	8,66
Ток при работе на нагрузку, А	8,19
Температура эксплуатации и хранения, °С	-40 ... +85°С
Коннекторы	МС4
Класс защиты	IP65
Солнечные элементы	Grade А, монокристалл
Количество элементов, шт	72
Вес, кг	13,0
Габариты, мм	1581 x 809 x 35
Цена, руб	9 780

2.7 Электрическая схема светильника

При подключении светодиодов необходимо помнить, что главный параметр — это ток, а не напряжение, т.е. светодиоды надо запитывать стабилизированным током, величина которого указывается производителем на конкретный тип светодиодов.

Ток на светодиоды можно ограничить с помощью резисторов, а можно подключить к драйверу (стабилизатору тока). Подключение светодиодов через драйвер является наилучшим, так как драйвер обеспечивает стабильный ток на светодиоде независимо от изменения напряжения на его входе. [17]

Виды подключения:

– последовательное - минус светодиода соединяется с плюсом следующего и т.д. При последовательном подключении светодиодов падение напряжения на светодиоде, указанное производителем, умножается на количество светодиодов в цепочке. Например, у нас 4 светодиода с номинальным током 350 мА, и падением напряжения 2,9 вольта, $2,9 \times 4 = 11,6$

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

вольт, т.е. нам будет нужен драйвер со стабилизированным током 350 мА и выходным напряжением 12-15 вольт;

– параллельное - плюс соединяется с плюсом, минус с минусом. При параллельном соединении суммируется ток, падение напряжения остаётся неизменным, т.е., если у нас 7 светодиодов с характеристиками: 350 мА и 2,9 В, то $7 \cdot 0,35 = 2,45$ А. То есть нужен источник тока с напряжением 3-5 В и током 2,45 А.

– последовательно-параллельное - при таком подключении несколько последовательных цепочек соединяются параллельно. Следует учитывать, что количество светодиодов в последовательных цепочках должно быть равным. Источник тока подбирается исходя из падения напряжения на одной цепочке и произведению тока на число цепочек. Итак, 4 последовательные цепочки подключаем параллельно, напряжение остаётся 11,6 В, а ток $0,35 \cdot 7 = 2,45$ А, значит, нам нужен драйвер с параметрами 12-15 вольт и током 2450 мА.

На рисунке 2.11 представлена схема подключения светодиодов в программе Sprint-Layout.

Основным преимуществом этой программы является простой и понятный интерфейс, включающий в себя лишь самые необходимые инструменты для подготовки печатных плат различных размеров. Sprint-Layout позволяет работать с двумя слоями (проводники и маркировки) для каждой стороны платы.

Дополнительные возможности – слой паяльной маски, металлизация, SMD-маска. Встроенный трассировщик только помогает разводиться проводники, и не является автоматическим. В пополняемой библиотеке содержатся наиболее распространенные электронные компоненты. В Sprint-Layout реализована возможность экспортировать результаты работы в популярные форматы Excellon и Gerber, а также создать файл HPGL для отделки печатной платы на программно-управляемом фрезерном станке.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

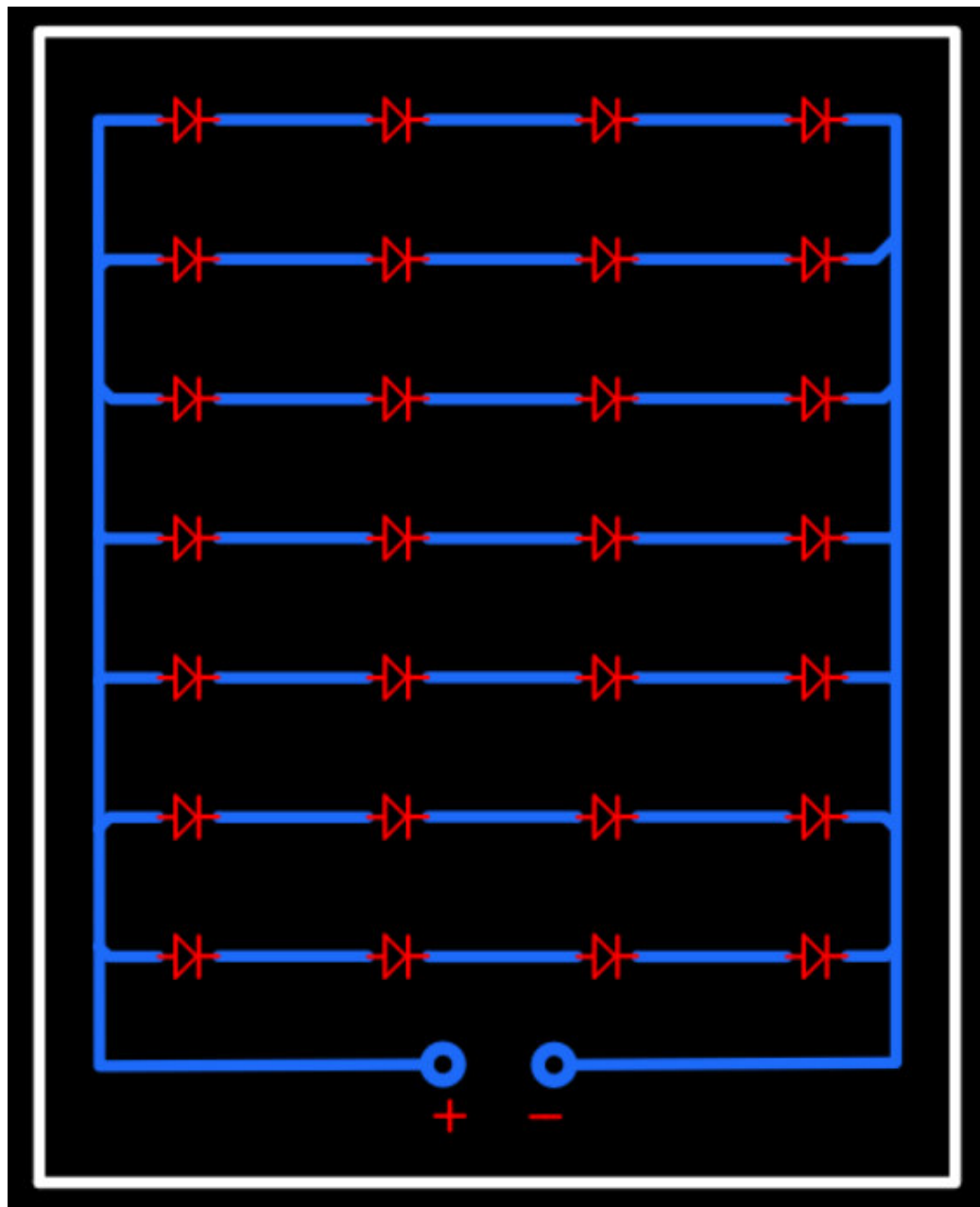


Рисунок 2.11 – Схема подключения светодиодов в программе Sprint-Layout

2.8 Расчет радиатора для уличного светодиодного светильника

Во время работы полупроводникового прибора в его кристалле выделяется мощность что приводит к нагреву прибора при этом его структура будет необратимо разрушаться, следовательно, надежность работы

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

полупроводниковых приборов во многом определяется эффективностью их охлаждения.

Радиатор — это самый важный элемент в системе охлаждения светодиода. Он отводит тепло от печатной платы или напрямую от светодиода, и рассеивает тепло в воздухе. К радиатору предъявляются следующие требования: материал радиатора должен быть с высоким значением теплопроводности и площадь поверхности радиатора должна быть максимальной. Помимо охлаждения, радиатор может выполнять и другие функции, наиболее часто он может выступать в роли корпуса или держателя. В таблице 2.5 указаны теплопроводности некоторых материалов.

Причем радиаторы из одного и того же материала, но сделанные при различных способах обработки поверхности, могут обладать разными коэффициентами теплопроводности. Например, радиатор из анодированного алюминия за счет излучения обладает большим коэффициентом теплопроводности, чем обычный алюминиевый радиатор.

Таблица 2.5 – Теплопроводность некоторых материалов

Материал	Теплопроводность, Вт/(м*К)
Воздух	0,024
Алюминий	120-240
Керамика	15-40; 100-200
Медь	401
Проводящие полимеры	3-20
Нержавеющая сталь	16
Термопаста/эпоксидные смолы	0,1-10
Вода	0,58

Радиатор для светодиодного светильника чаще всего изготавливают из прессованного алюминия, поскольку он лучше других материалов отводит тепло. Главным изъяном алюминиевого радиатора для светодиодов считают большое количество слоев в изделии, что способствует появлению

переходного теплового сопротивления. Что бы преодолеть такое сопротивление, необходимо добавить в изделие материалы, обладающие теплопроводными свойствами и заполняющие воздушные прослойки: клеящие вещества, изоляционные пластины и др.

Преимущество медного радиатора, по сравнению с алюминиевым, в более высокой теплопроводности. Недостаток его в более тяжелом весе изделия и меньшей податливости металла. Метод прессования медного и обработка резанием очень затратные способы изготовления.

Подобрал материал для радиатора: алюминий. Он обладает хорошими свойствами теплопроводности и приемлемой ценой. Радиатор имеет ребристую форму. Тип охлаждения пассивное, с помощью конвекции. За счет ребер, большая площадь радиатора контактирует с окружающей средой, вследствие этого, интенсивнее происходит теплообмен.

При расчете обычно исходят из температуры окружающей среды 30°C и допустимом перегреве на 70°C, т.е. нагреве тепловыделяющего элемента до 100°C.

Тепловое сопротивление радиатора находится по формуле 2.1:

$$Q = \frac{50}{\sqrt{S}} \text{ (}^\circ\text{C/Вт)} \quad (2.1),$$

где S – площадь поверхности теплоотвода, см².

Отсюда площадь поверхности для искомого теплового сопротивления можно найти по формуле 2.2:

$$S = \left(\frac{50}{Q}\right)^2 \text{ (см}^2\text{)} \quad (2.2).$$

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Нам необходимо рассеять мощность 28 Вт, при перегреве 70°C, требуемое тепловое сопротивление будет равно $Q = 70/28 = 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Тогда по формуле (2.2) определяем площадь радиатора:

$$S = (50/2,5)^2 = 400 \text{ см}^2.$$

Также площадь можно найти по графику теплового сопротивления для алюминиевого радиатора, представленный на рисунке 2.12.

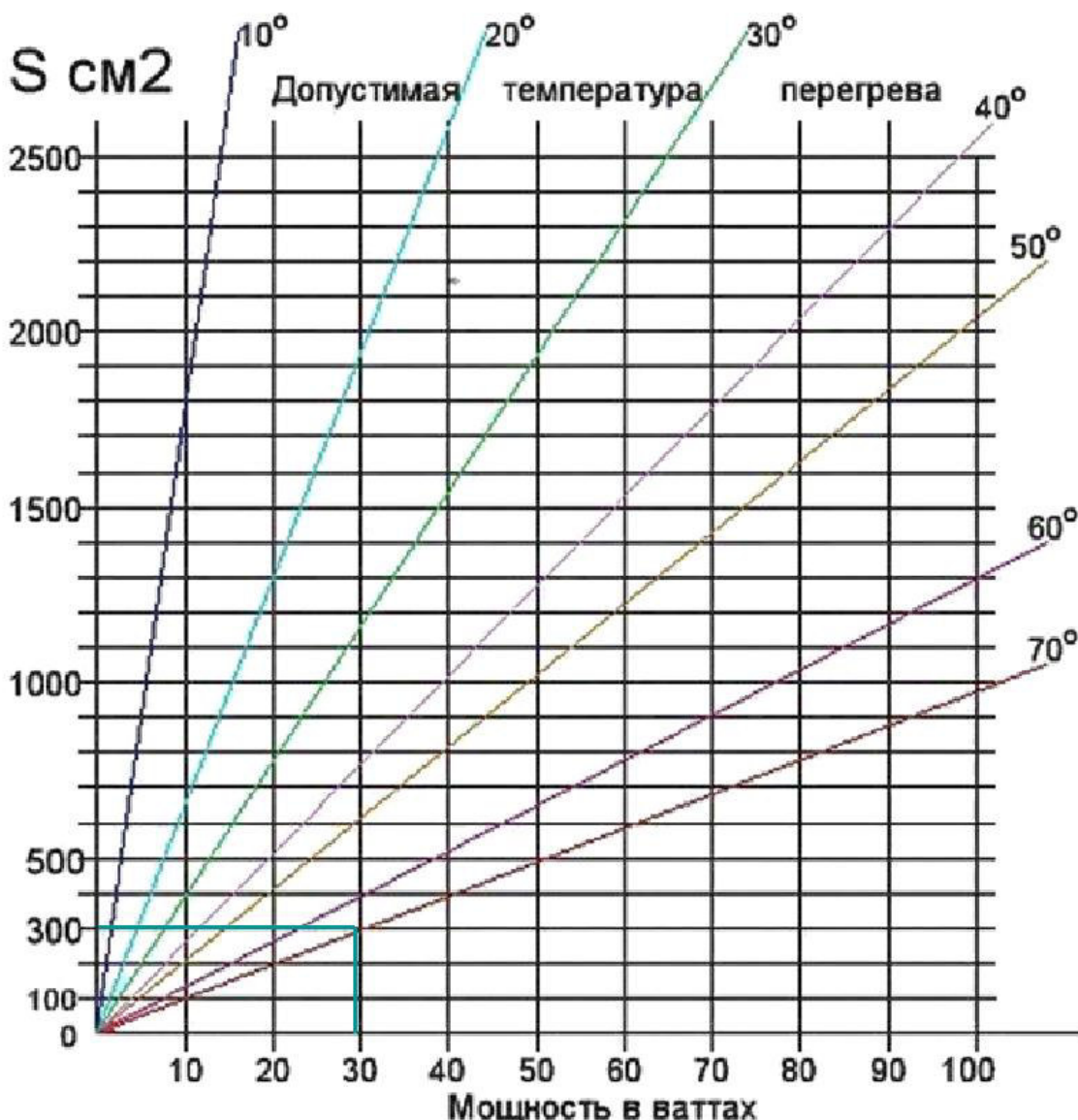


Рисунок 2.12 – График теплового сопротивления для алюминиевого радиатора

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

БР-02069964-12.03.02-12-18

Лист

56

Анализируя график следует то, чтобы рассеять мощность 28 Вт, при перегреве 70°C, площадь алюминиевого радиатора должна составлять не менее 300 см².

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

3 Компьютерное моделирование, разработка чертежей светового прибора и его элементов

В программе КОМПАС-3D был разработан чертеж проектируемого светодиодного светильника ДКУ28-001-101. Сборочный чертеж представлен в Приложении А.

3.1 Моделирование светодиодного светильника в системе «КОМПАС-3D»

Система «Компас-3D» предназначена для создания трёхмерных ассоциативных моделей отдельных деталей (в том числе, деталей, формируемых из листового материала путём его гибки) и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе проектированного ранее прототипа.

Разработанная 3D модель светодиодного светильника ДКУ28-001-101 и его элементов представлена на рисунках 3.1-15.

Крышки изготавливаются из пластика. Крепятся к корпусу с помощью винтов (рисунок 3.1).

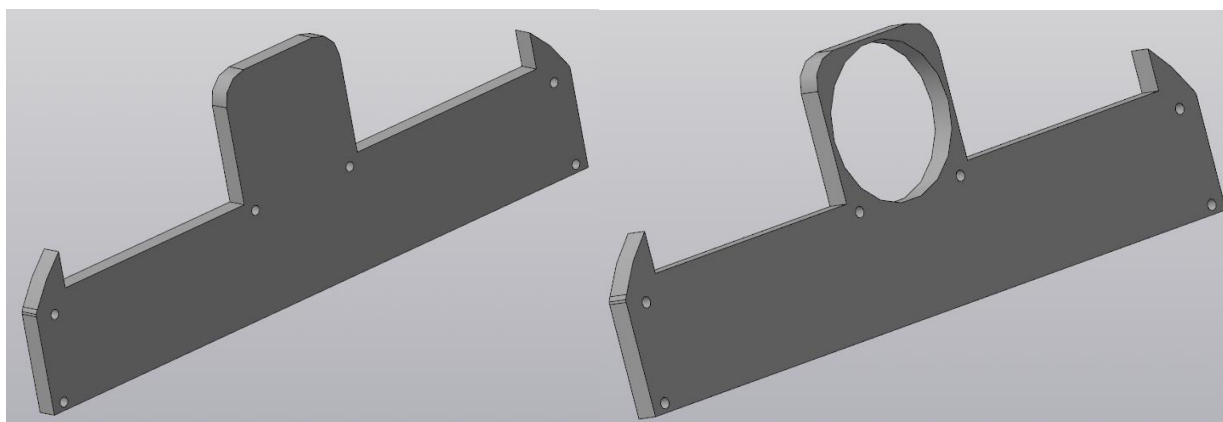


Рисунок 3.1 – Боковые крышки

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Корпус светильника изготовлен из анодированного алюминия с внутренним алюминиевым радиатором. Светильник из такого материала обладает высокими качественными показателями. Основными достоинствами алюминия является: легкость монтажа, малый вес, высокая ударопрочность, обеспечение стабильного теплоотвода, долговечность и небольшая цена.

Для защиты корпуса светильника от ржавчины и коррозии алюминий подвергается анодированию. В процессе, которого на поверхности алюминия создается плотная окисная пленка, это предотвратит коррозию металла. (рисунок 3.2).

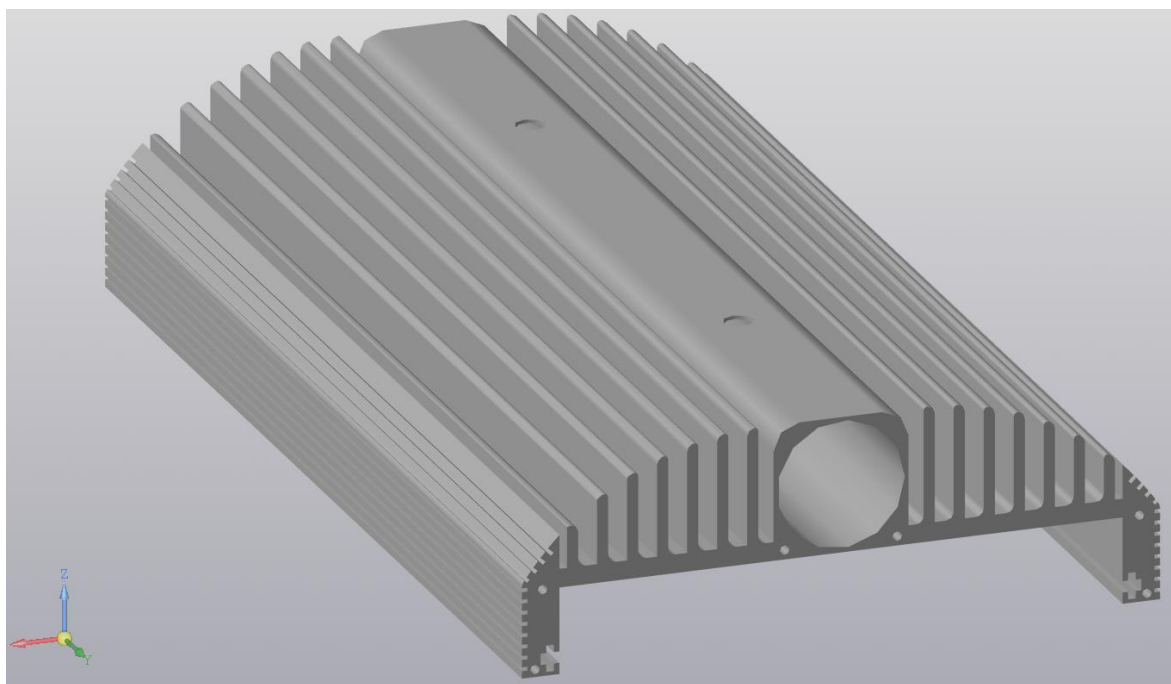


Рисунок 3.2 – Корпус проектируемого светильника

Светодиодный модуль изготовлен из прочного алюминиевого сплава, который обеспечивает хорошую теплопроводность для охлаждения светодиодов. Сами же светодиоды располагаются по всей его площади. Также модуль оснащен линзами для каждого СД (рисунок 3.3).

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

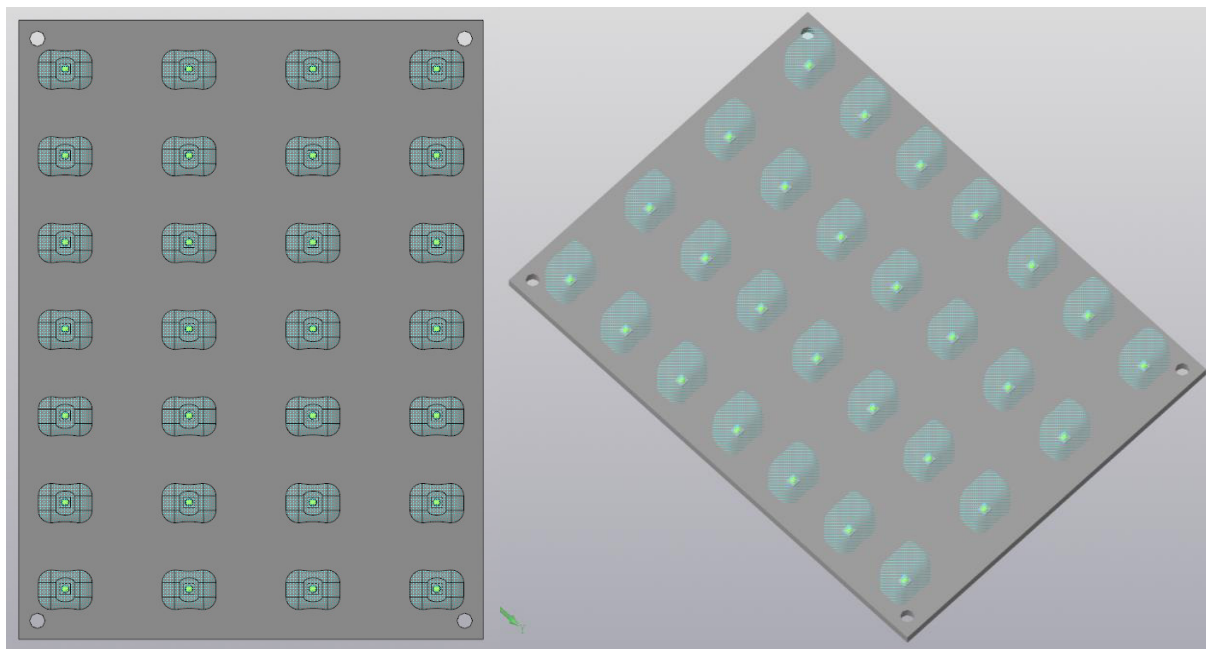


Рисунок 3.3 – Светодиодный модуль

На рисунках 3.4–3.5 представлена 3D-модель светодиодного светильника.

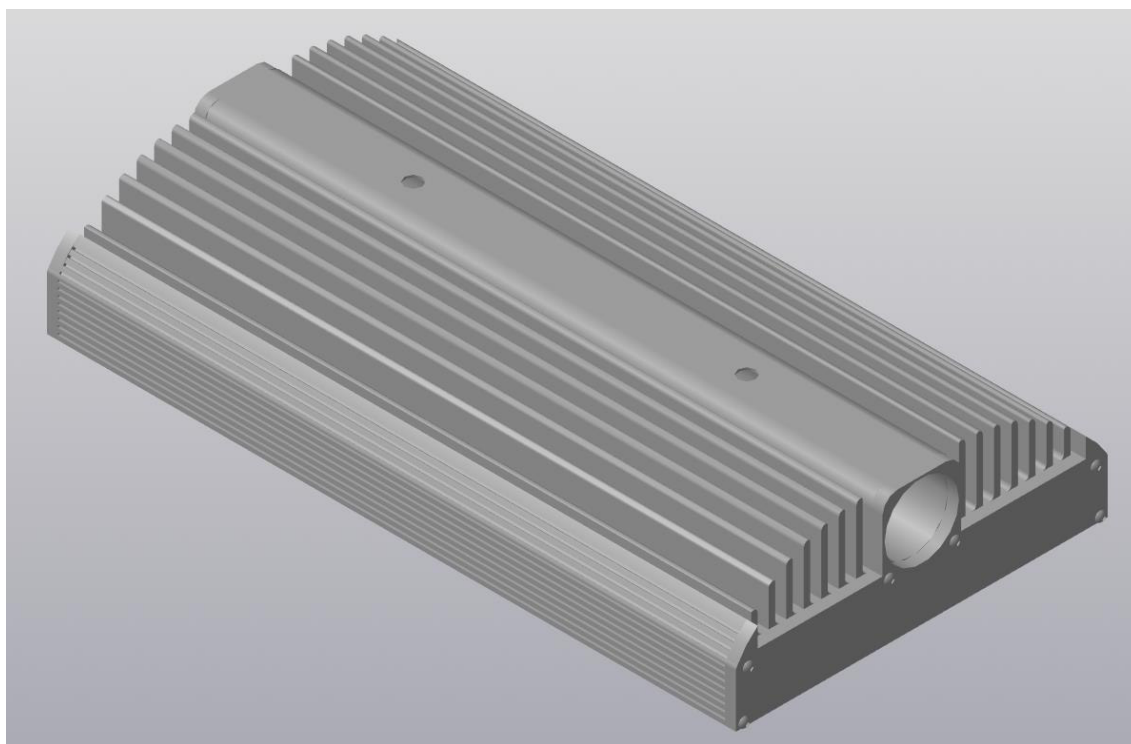


Рисунок 3.4 – 3D-модель проектируемого светильника

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

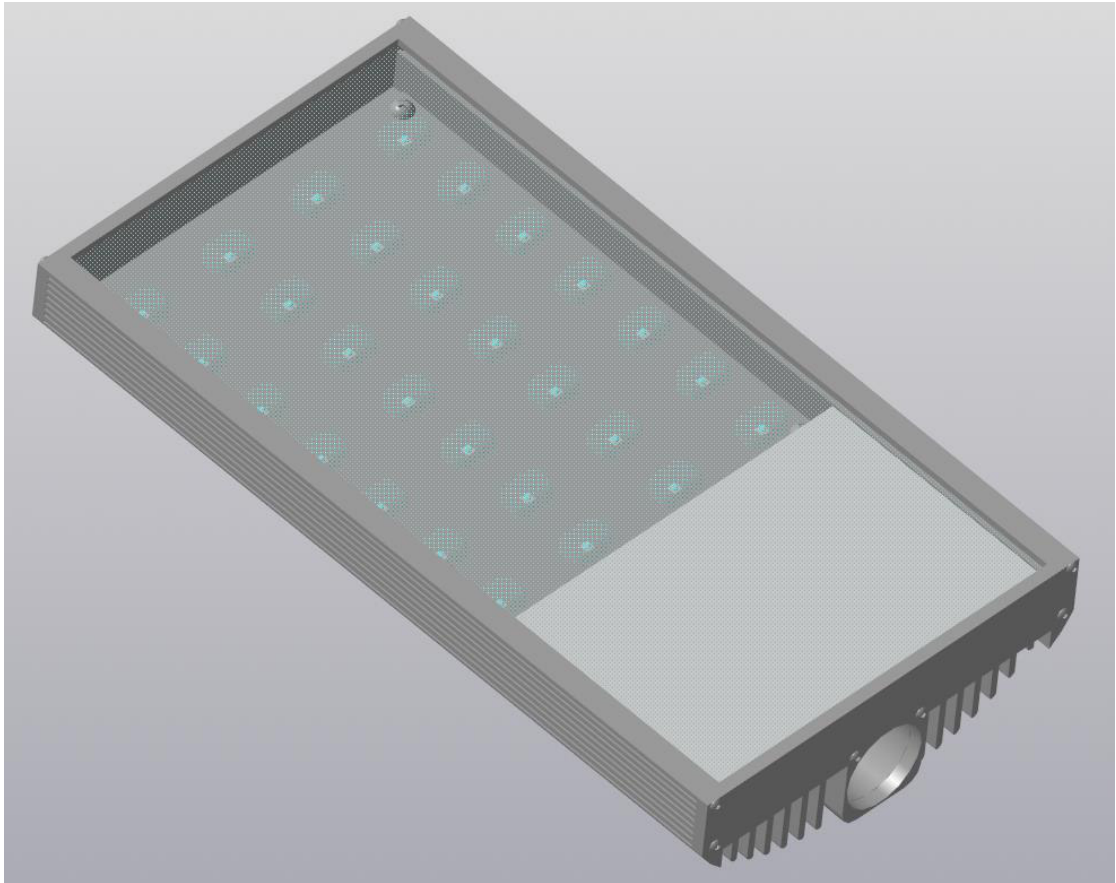


Рисунок 3.5 – 3D-модель проектируемого светильника

3.2 Моделирование светораспределения светового прибора

Trace Pro – одна из самых известных программ для расчета и оптимизации оптических систем. Она позволяет создавать трехмерные модели оптико-механических систем и проводить анализ распределения освещенности в системе, учитывая отражение, рассеяние, поглощение, дифракцию света. Трассировка лучей осуществляется методом Монте-Карло. Поддерживает экспорт и импорт во все известные 3D форматы, а также импорт из Zemax, CodeV, Oslo.

После того как светильник был спроектирован, затем произведена трассировка лучей с помощью программы Trace Pro и смоделировано светораспределение светильника. На рисунке 3.6-3.7 представлена 3D-модель.

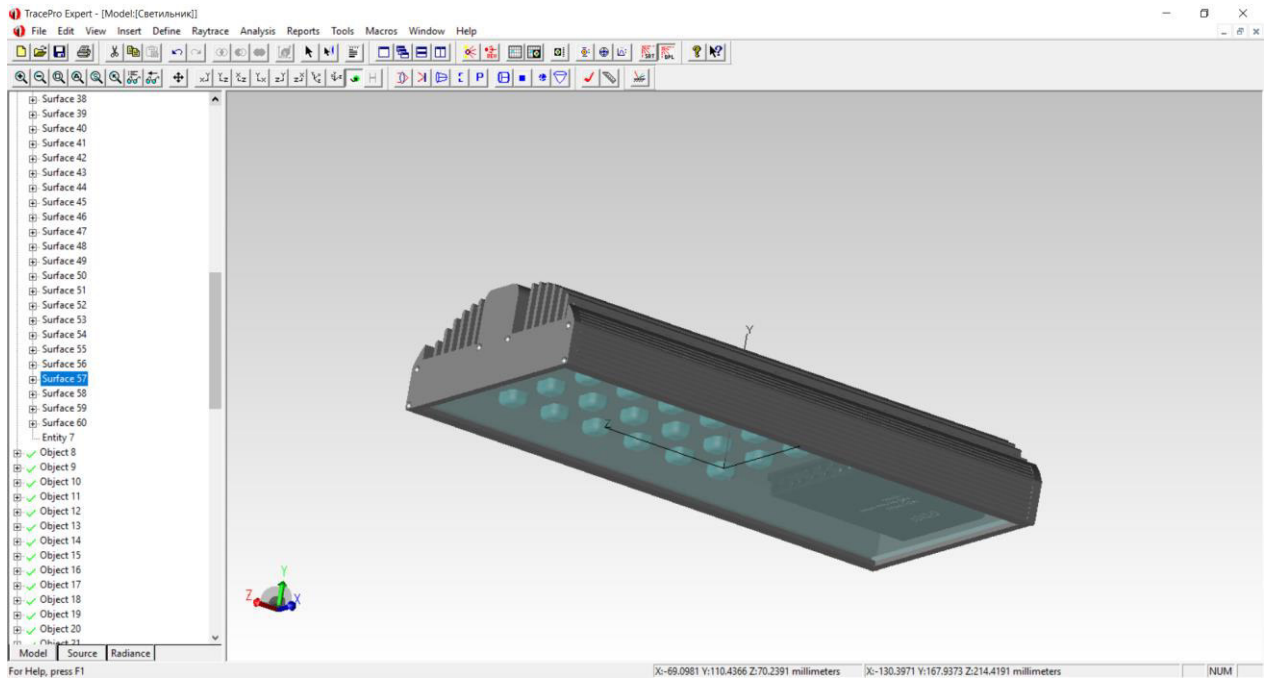


Рисунок 3.6 – 3D-модель светового прибора

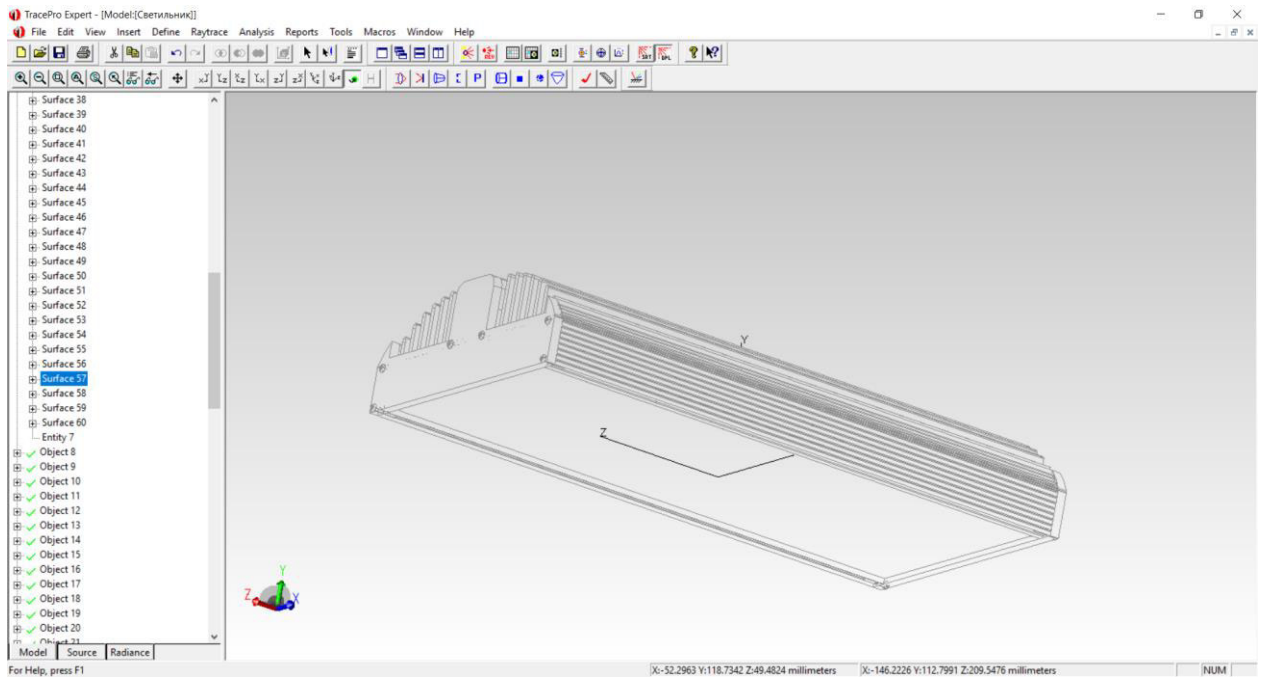


Рисунок 3.7 – 3D-модель светового прибора

Затем в среде TracePro каждой детали задали материал, а также выбраны оптические свойства поверхностей. В разрабатываемом световом

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

приборе используется 28 светодиодов со световым потоком 145 (лм). Данные свойства были заданы для каждого светодиода. На рисунке 3.8 представлены оптические свойства источника излучения.

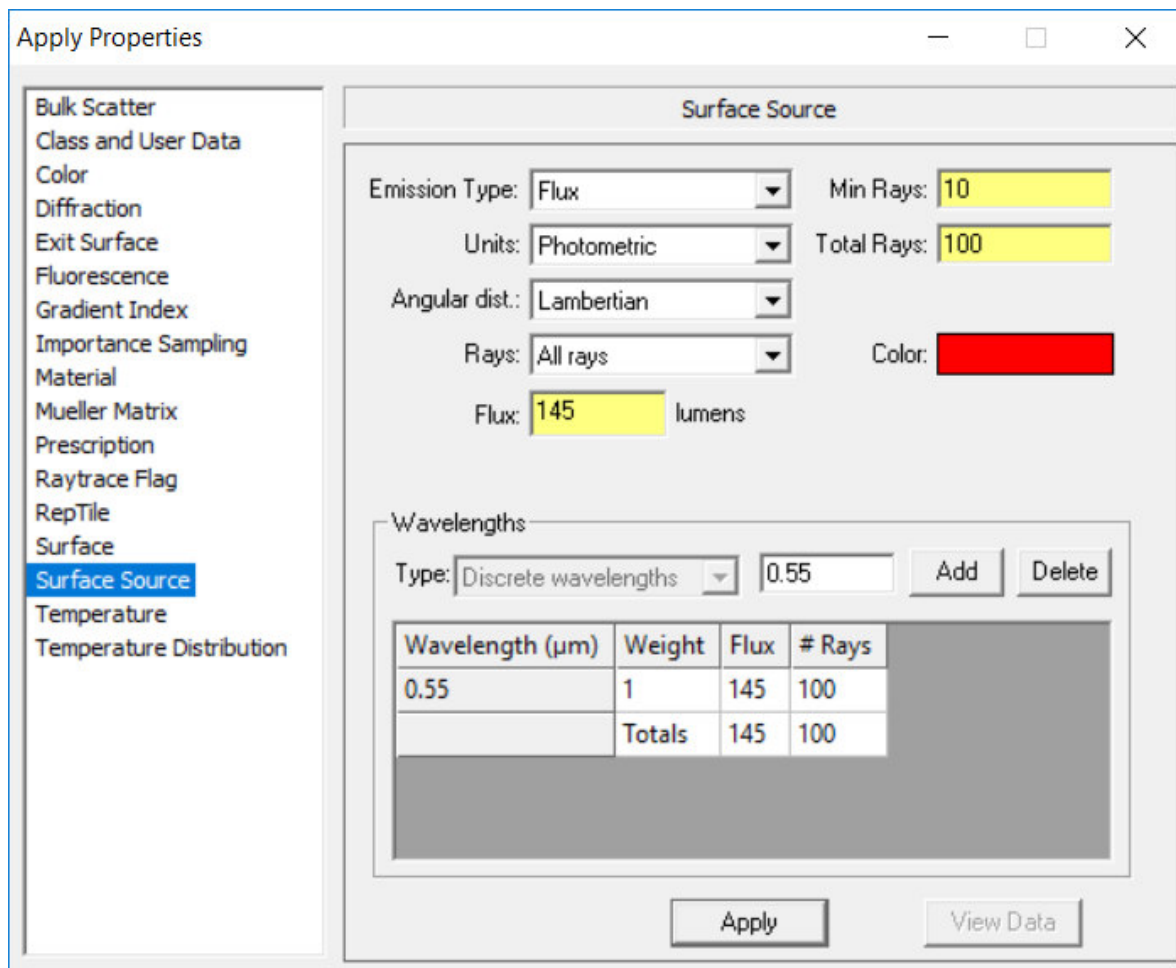


Рисунок 3.8 – Свойства источника излучения

В проектируемом световом приборе используется линзы (Ledlink LL01CR - OW70130L) и защитное стекло из полиметилметакрилата с показателем преломления 1,4935 и толщиной 3 (мм). Оптические свойства линзы и защитного стекла из поликарбоната приведены на рисунке 3.9.

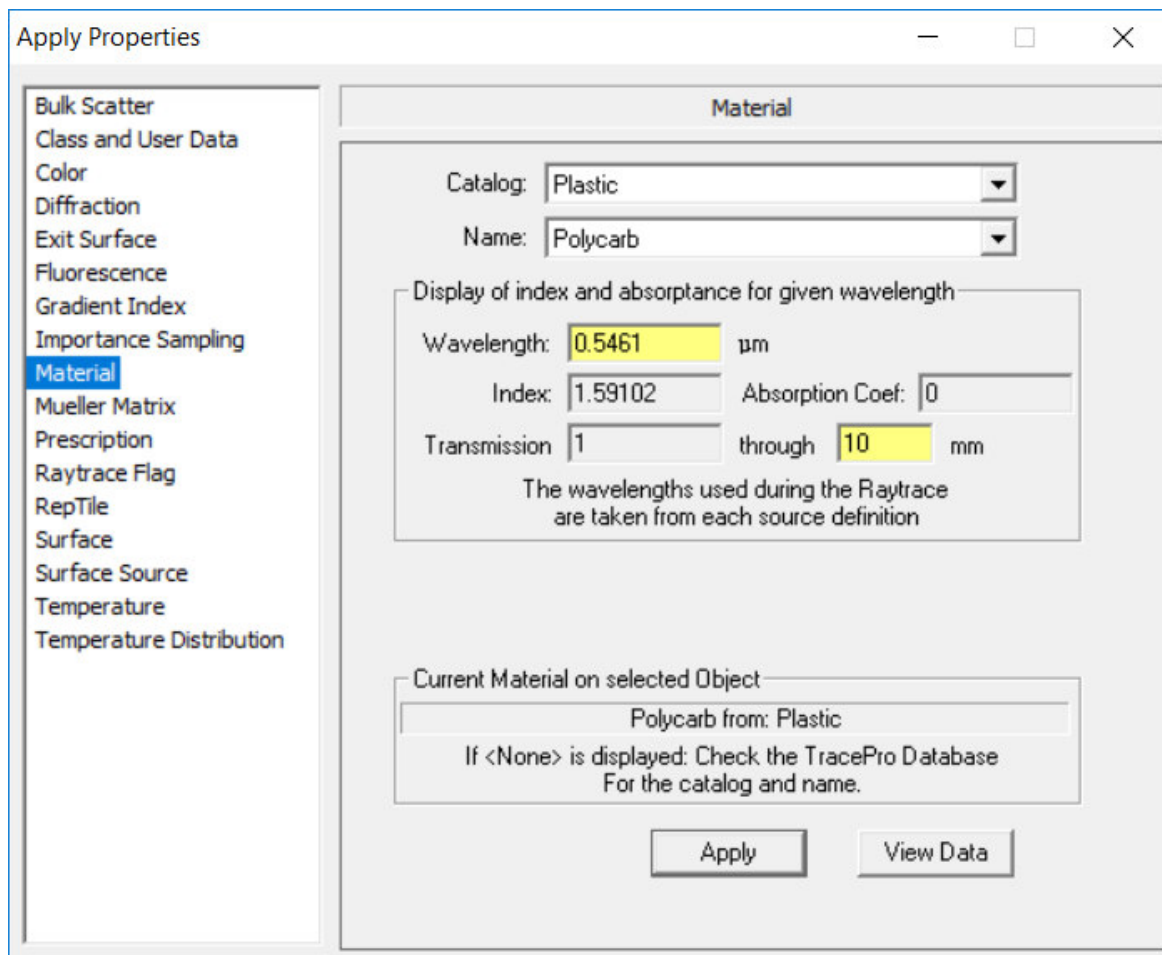


Рисунок 3.9 – Оптические свойства линзы и защитного стекла

Поликарбонат имеет следующие оптические свойства:

- коэффициент отражения: $\rho=0,05$;
- коэффициент поглощения: $\alpha=0,03$;
- коэффициент пропускания: $\tau=0,92$.

После задания свойств материалов и источников света осуществлена трассировку лучей. Получил графическое представление трассировки лучей для созданного светового прибора и полуширокой КСС (рисунки 3.10-3.13).

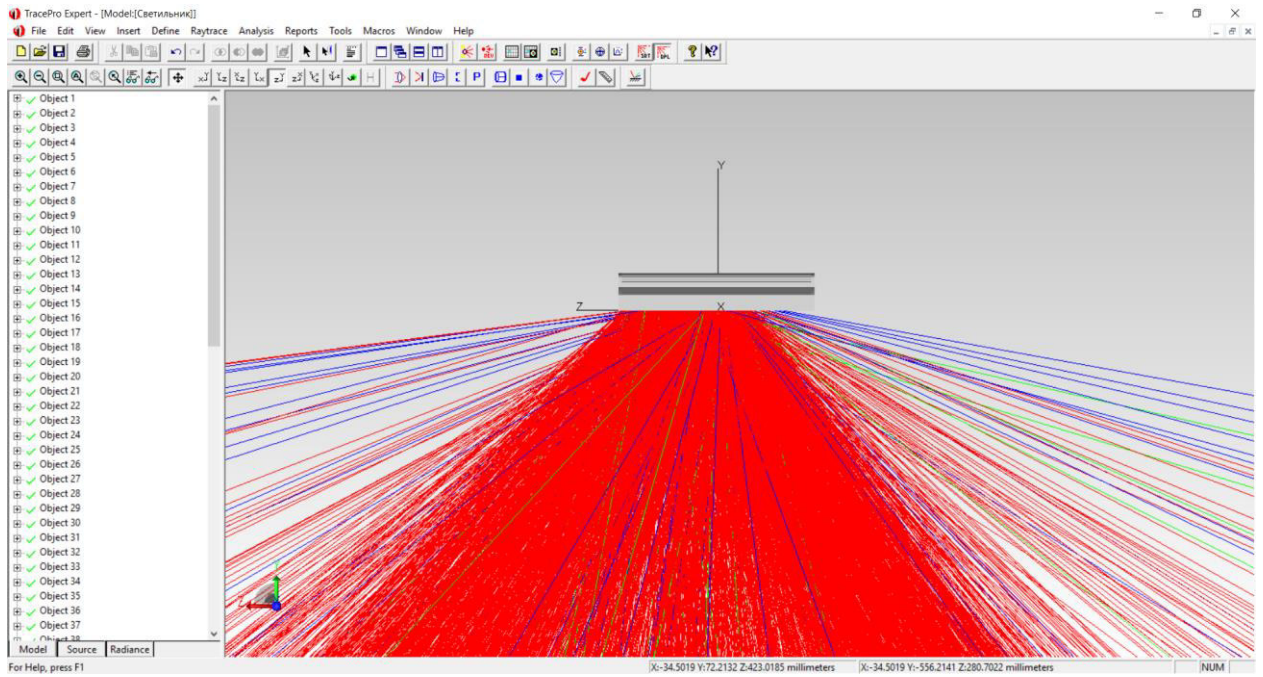


Рисунок 3.10 – Графическое представление трассировки лучей

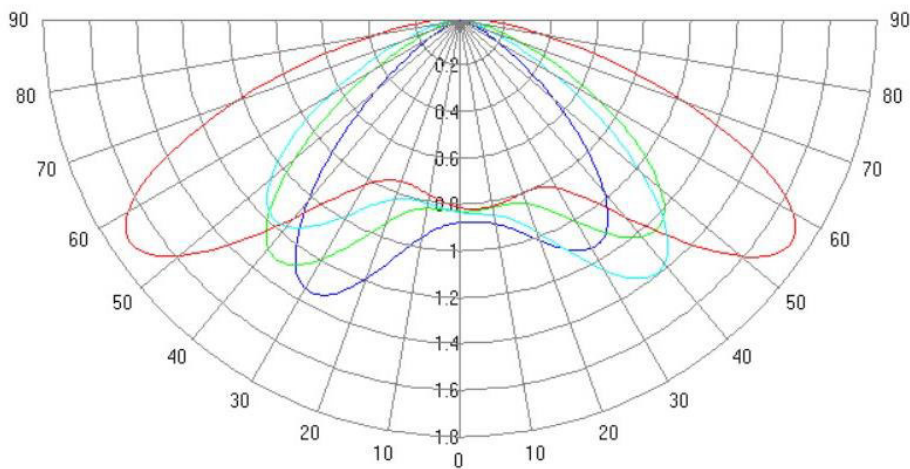


Рисунок 3.11 – КСС в полярных координатах

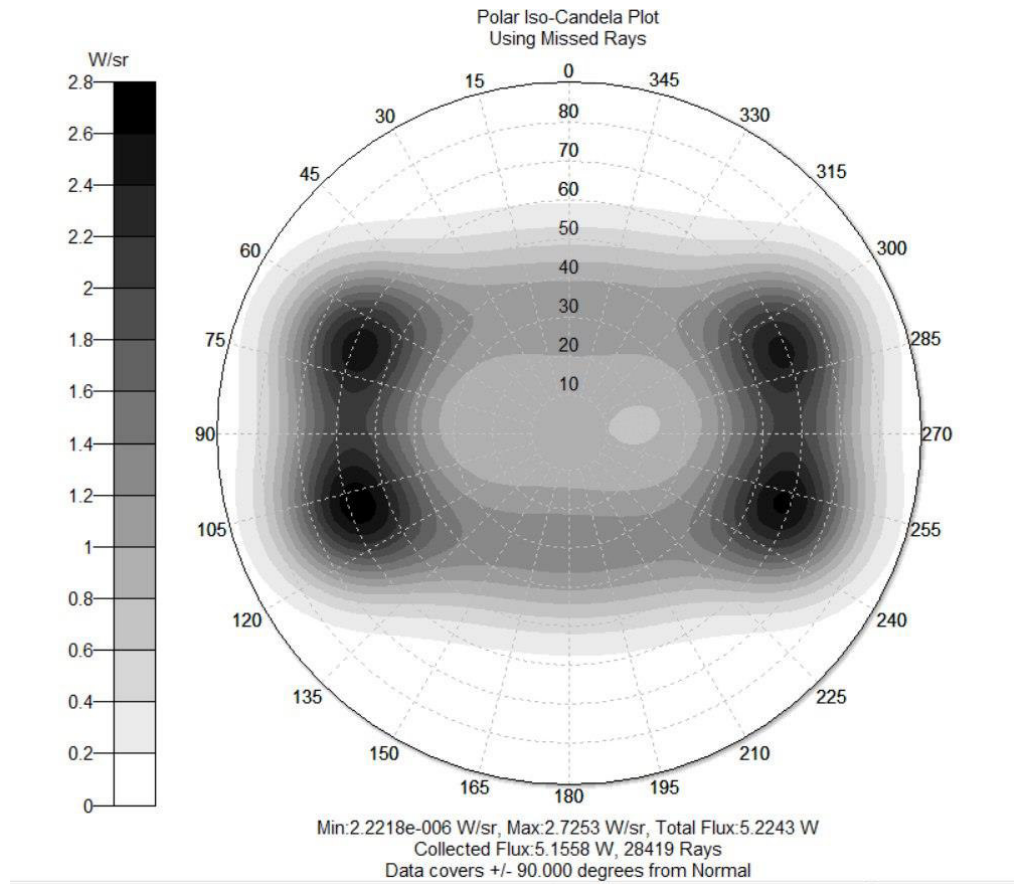


Рисунок 3.12 – Диаграмма плотности энергии

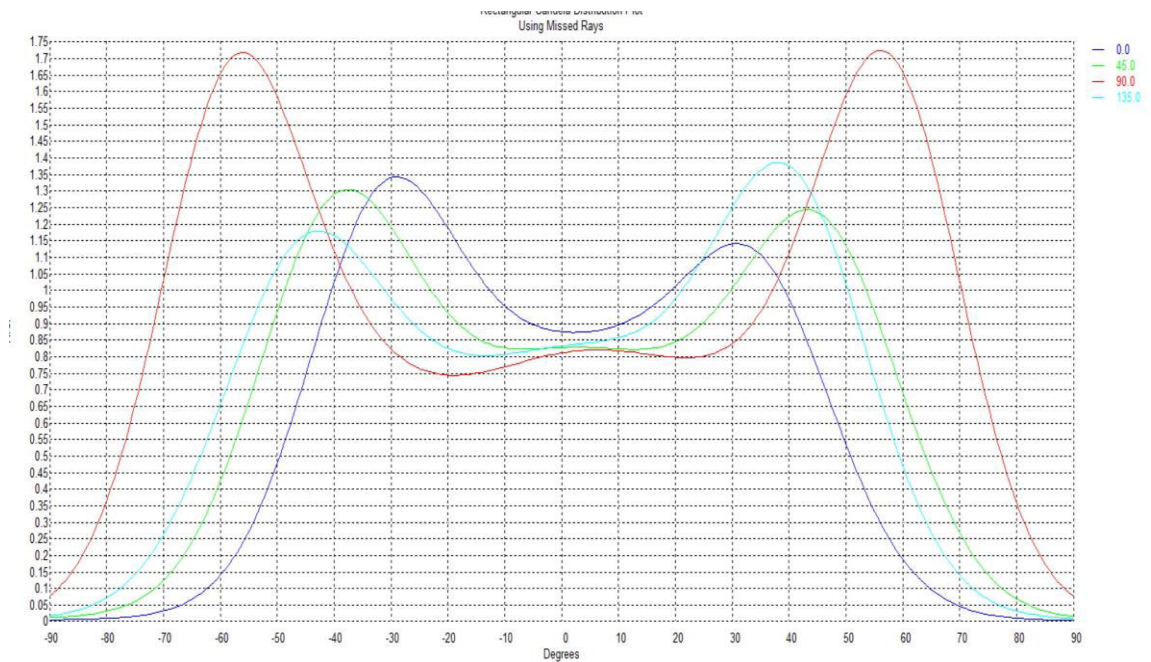


Рисунок 3.13 – КСС в прямоугольных координатах

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

БР-02069964-12.03.02-12-18

Лист

66

3.3 Моделирование освещения с помощью разработанного светового прибора в DIALux

DIALux — мощная компьютерная программа по расчёту и непосредственному дизайну искусственного освещения. Данный софт разрабатывается с 1994 года компанией DIAL (Deutsche Institut für Angewandte Lichttechnik). Эта компания представлена немецким институтом прикладной светотехники. Программа для расчёта освещения распространяется совершенно бесплатно и в свою очередь может применять любые данные осветительного технического оборудования различных производителей, у которых существуют электронные базы изготавливаемых светильников в определённом формате, поддерживаемом системой DIALux (программа для расчёта освещения).

В результате выполнения светотехнического проекта освещения автобусной остановки и пешеходного перехода с использованием базового и разработанного светового прибора получена 3D визуализация освещения и уровни распределения освещённости на отдельных объектах.

Создание проекта освещения производилось следующим образом. Построил модель остановки и пешеходного перехода (рисунок 3.14).

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

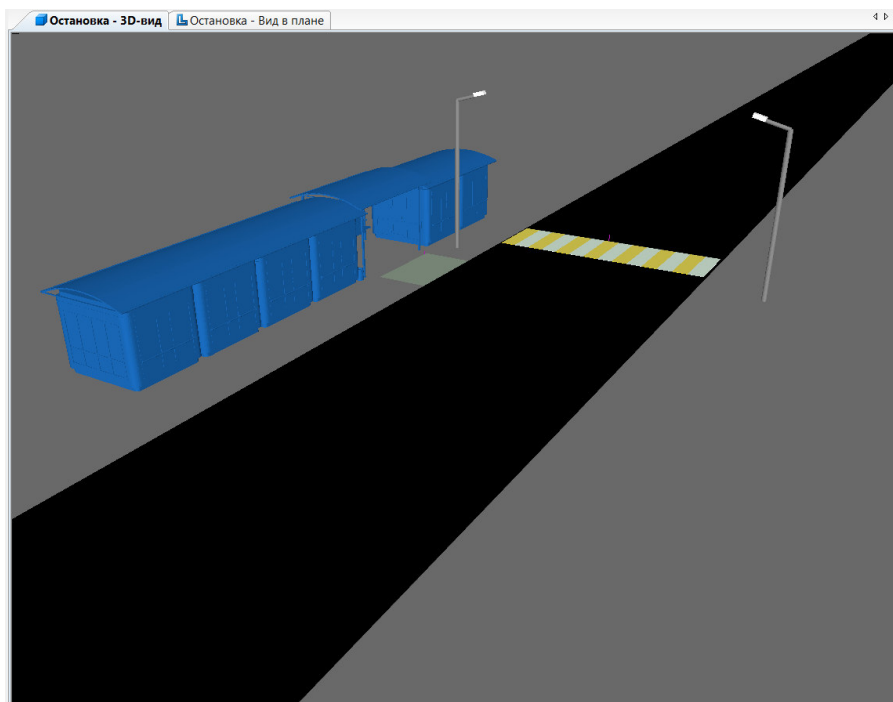


Рисунок 3.14 – Создание окружающей среды

Освещение с использованием проектируемого источника света представлено на рисунках 3.15.

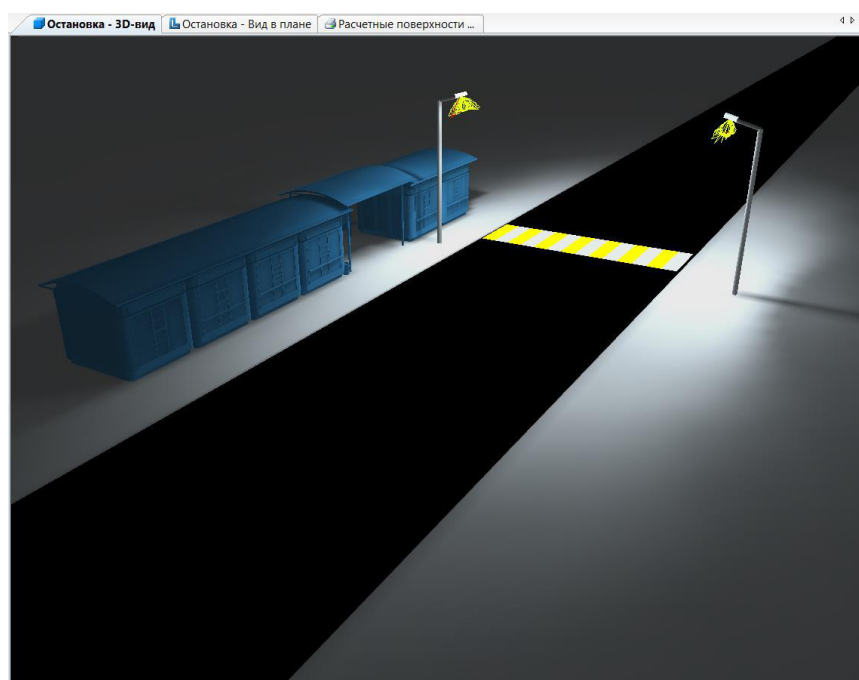


Рисунок 3.15 – Освещение с использованием светильника ДКУ28-001-101

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

Анализируя полученные результаты можно сказать, что светотехнический проект, выполненный с проектируемым световым прибором, полностью соответствует требованиям ГОСТ 55706-2013 «Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы», по показателю освещенности.

3.4 Экономический расчет разработанной осветительной установки

Уличное освещение с помощью световых приборов на солнечных батареях — затея недешевая. Для того чтобы выяснить в какую сумму выйдет сконструированная осветительная установка, необходимо посчитать затраты на комплектующие светового прибора ДКУ28-001-101. В таблице 3.1 приведены затраты на комплектующие используемые в данном светильнике.

Таблица 3.1 – Затраты на комплектующие ДКУ28-001-101

Наименование	Количество	Цена за штуку	Сумма
Радиатор	1 шт	700 рублей	700 рублей
Боковая крышка	2 шт	50 рублей	100 рублей
Защитное стекло	1 шт	100 рублей	100 рублей
Светодиод	28 шт	120 рублей	3 360 рублей
Линза	28 шт	35 рублей	980 рублей
Печатная плата	1 шт	50 рублей	50 рублей
Контроллер со встроенным драйвером	1 шт	2 150 рублей	2 150 рублей
АКБ	1 шт	12 210 рублей	12 210 рублей
Солнечная панель	1 шт	9 780 рублей	9 780 рублей
Опора	1 шт	14 110 рублей	14 110 рублей
Консоль	1 шт	800 рублей	800 рублей
Ящик для АКБ	1 шт	500 рублей	500 рублей
Крепежные элементы (для светильника, солнечной панели и т.д.)	25 шт	20 рублей	500 рублей
Итого			45 340 рублей

Стоимость комплектующих для одного светильника равна 45 340 рублей (не учли стоимость сборки, налогов, монтаж и т.д.). Проект с использованием солнечных батарей в разы дороже существующих. Это обусловлено в первую очередь применением новых технологий и соответственно значительно высокой стоимостью оборудования.

В предлагаемой системе освещения экономия происходит за счёт:

- автоматизированной системы управления;
- отсутствия расходов на электроэнергию;
- использования светодиодных светильников.

Дополнительные расходы:

- из-за чувствительности солнечных батарей к загрязнению требуются мобильные бригады для очистки солнечного элемента от загрязнения;
- необходима периодическая замена АКБ.

Автономный уличный фонарь разработан с учётом климатических особенностей эксплуатации в России. Полностью заряженная аккумуляторная батарея обеспечивает автономную работу системы до 4 суток при отсутствии солнца.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отличительной особенностью автономных уличных светильников на солнечных батареях является удобство их применения, так как для их работы не требуется прокладки кабелей электропитания, благодаря этому снижаются затраты на их установку и эксплуатацию.

Анализ характеристик существующих автономных светильников, позволил осуществить выбор светодиодов, вторичной оптики, контроллера, драйвера, аккумуляторной батареи и фотоэлектрической панели для автономного светодиодного светильника.

В результате был разработан чертеж светового прибора и его элементов, создана 3D-модель светодиодного прибора, осуществлена трассировка лучей с представлением полученных КСС.

Технико-экономическая эффективность светильника определяется использованием эффективных СД, применением в конструкции программируемого контроллера со встроенным драйвером, обеспечивающим высокую эффективность преобразования электроэнергии, расчетами характеристик светильника и моделированием.

Применение автономных светильников целесообразно при освещении объектов, находящихся далеко от источников энергии. При этом конструкция прибора не содержит сложных узлов и деталей, ее производство может быть организовано как мелкими партиями, так и массово.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автономные светильники [Электронный ресурс]: официальный сайт компании. – Режим доступа: <http://sun-shines.ru/shop/street-light/20wt-opora/>. – Загл. с экрана.
2. Автономные светильники [Электронный ресурс]: официальный сайт компании. – Режим доступа: http://yupiter.net/catalog/asynchronous-motors/sun-systems/avtosun-systems_63. – Загл. с экрана.
3. Автономный уличный светодиодный фонарь [Электронный ресурс]: официальный сайт компании. – Режим доступа: <http://sun-shines.ru/product/street-fonar>. – Загл. с экрана.
4. Айзенберг Ю.Б. Основы конструирования световых приборов. /Ю.Б.Айзенберг. - М.: Энергоатомиздат. – 1996. – 636 с
5. Бухаров А. И. Средства заряда аккумуляторов и аккумуляторных батарей: Справочник / А. И. Бухаров, И. А. Емельянов, В. П. Судаков. - М.: Энергоатомиздат, 1988. - 288 с.: ил.
6. Бухман Г.Б. О классификации и допусках на кривые силы света светильников / Г.М.Бухман, Ю.Б.Айзенберг //Светотехника. – 1978. – №6. С.6-10.
7. Ветрогенераторы [Электронный ресурс]: официальный сайт компании Свет-ДВ. – Режим доступа: <https://nature-time.ru/2014/09/kak-rabotaet-vetrogenerator/>. – Загл. с экрана
8. Гелевый тяговый аккумулятор SunStonePower MLG 100Ач [Электронный ресурс]: официальный сайт компании. – Режим доступа: <https://e-solarpower.ru/batteries/hel-bat/akkumulyator-gel-sunstonepower-mlg100/>. – Загл. с экрана.
9. Контроллер со встроенным драйвером [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.solnechnye.ru/controllers-zaryada/Epsolar-Epever-LS2024100GPLI-20A-12-24V-Step-down-Led-Driver.htm#prettyPhoto>. – Загл. с экрана.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

10. Кнорринг Г. М. Осветительные установки / Г. М. Кнорринг. - Л.: Энергоатомиздат. - Ленингр. отд-ние. – 1991. – 288 с.
11. Компания Cree [Электронный ресурс]: официальный сайт компании Cree. - Режим доступа: <http://www.cree.com>. – Загл. с экрана.
12. Монокристаллическая солнечная батарея [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://220-on.ru/catalog/solnechnye_moduli/solnechnyy_modul_200m_topraysolar/. – Загл. с экрана.
13. Оптика для светодиодов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://orengam.ru/svetodiodnoe_osveschenie/linzyi_flyantsyi_optika/vtorichnaya_optika_1101cr-ow701301_ledlink/. – Загл. с экрана.
14. Особенности разработки и конструирования светодиодного светильника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.osram-os.com/osram_os/RU/For_developers/Cases/Features_of_design_and_construction_of_LED_lamp.html. – Загл. с экрана.
15. Солнечная энергетика [Электронный ресурс]: официальный сайт компании. – Режим доступа: <http://sun-shines.ru/>. – Загл. с экрана.
16. Опоры освещения, кронштейны, металлические оцинкованные для уличных светильников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gesmsk.ru/index.php?route=product/category&path=289&page=3>. – Загл. с экрана.
17. Подключение светодиода, расчет резисторов, драйвер светодиода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chip-led27.ru/podklyuchenie-svetodiodov>. – Загл. с экрана.
18. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Под ред. Г.М.Кнорринга. - Изд. 2-е прераб. и доп. - СПб.: Энергоатомиздат. – Санкт-Петербургское отд-ние. – 1992. – 338 с.
19. Светодиодные автономные уличные светильники [Электронный ресурс]: официальный сайт компании. – Режим доступа: <http://tvkled.ru/katalog-produktsii/svetodiodnye-avtonomnye-ulichnye-svetilniki>. – Загл. с экрана.

20. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б.Айзенберга. - М.: Энергоатомиздат. - 1995. - 528 с.

21. Устройство солнечных батарей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.solnpanels.com/vidy-solnechnyh-batarej/>. – Загл. с экрана.

					БР-02069964-12.03.02-12-18	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

БР-02069964-12.03.02-12-18

Перв. примен.

Справ. №

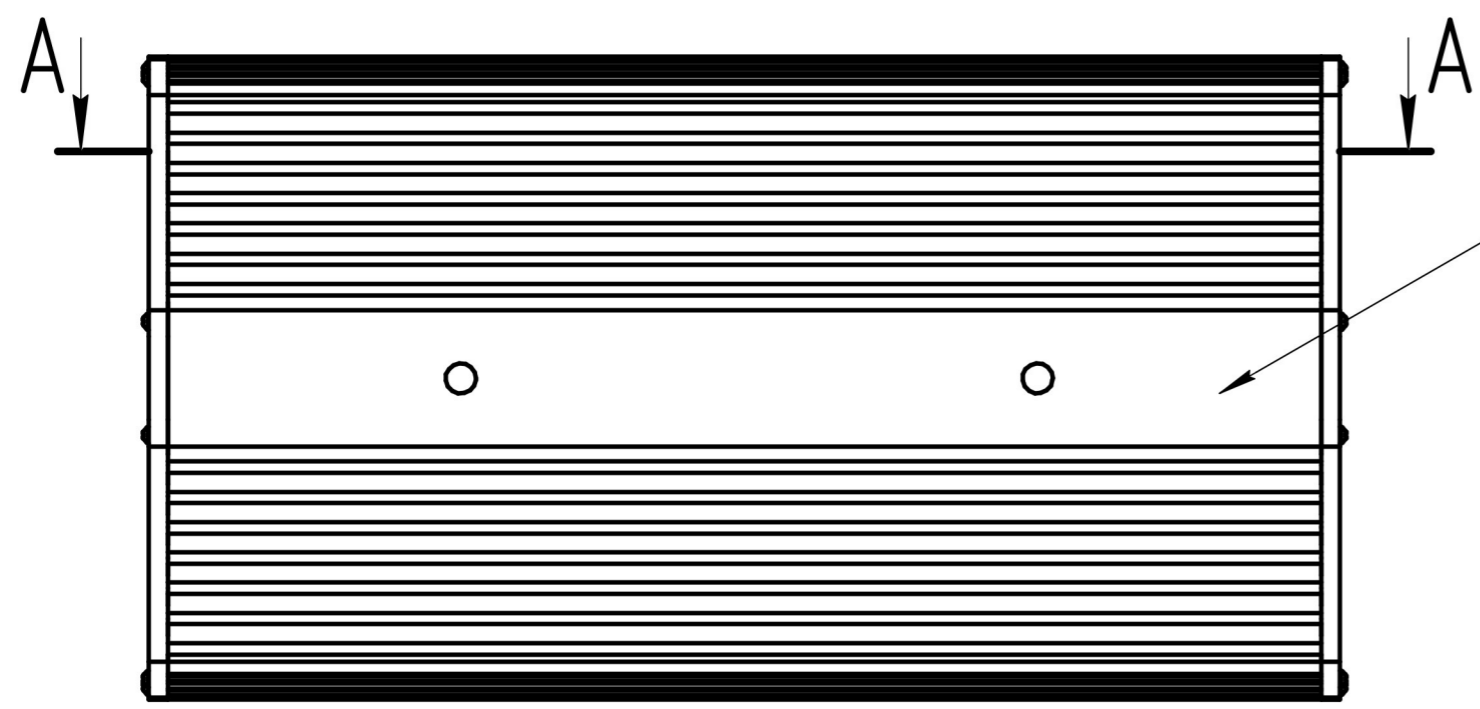
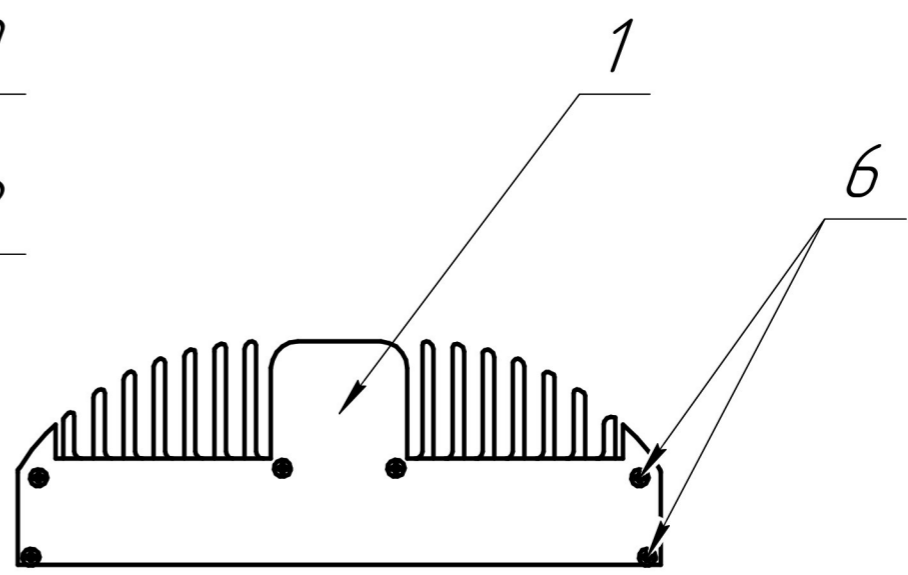
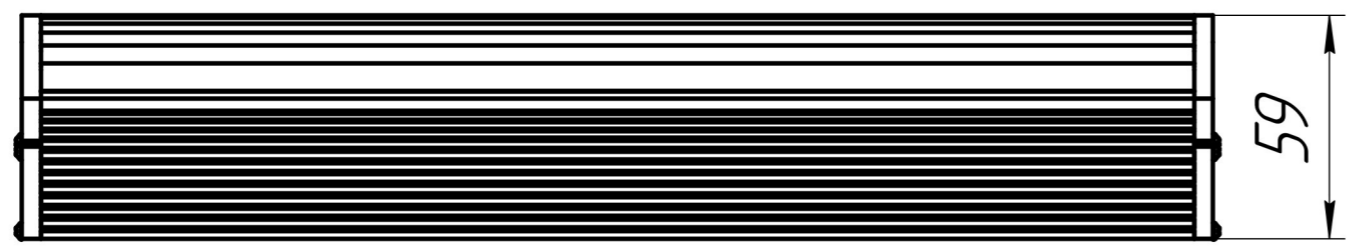
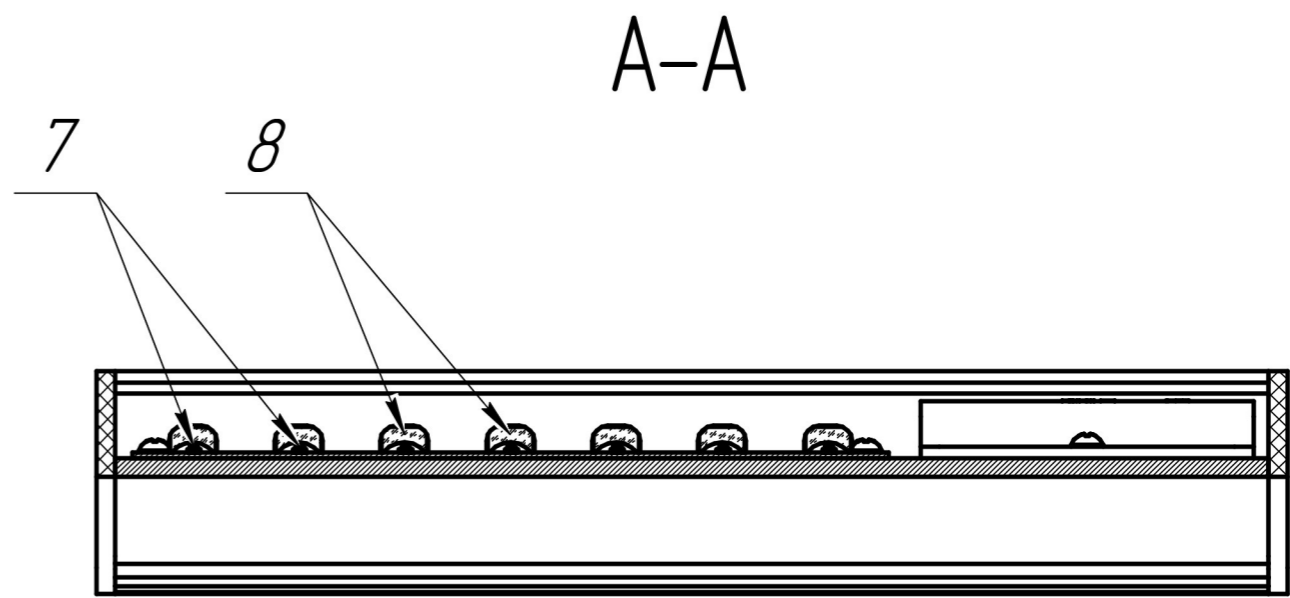
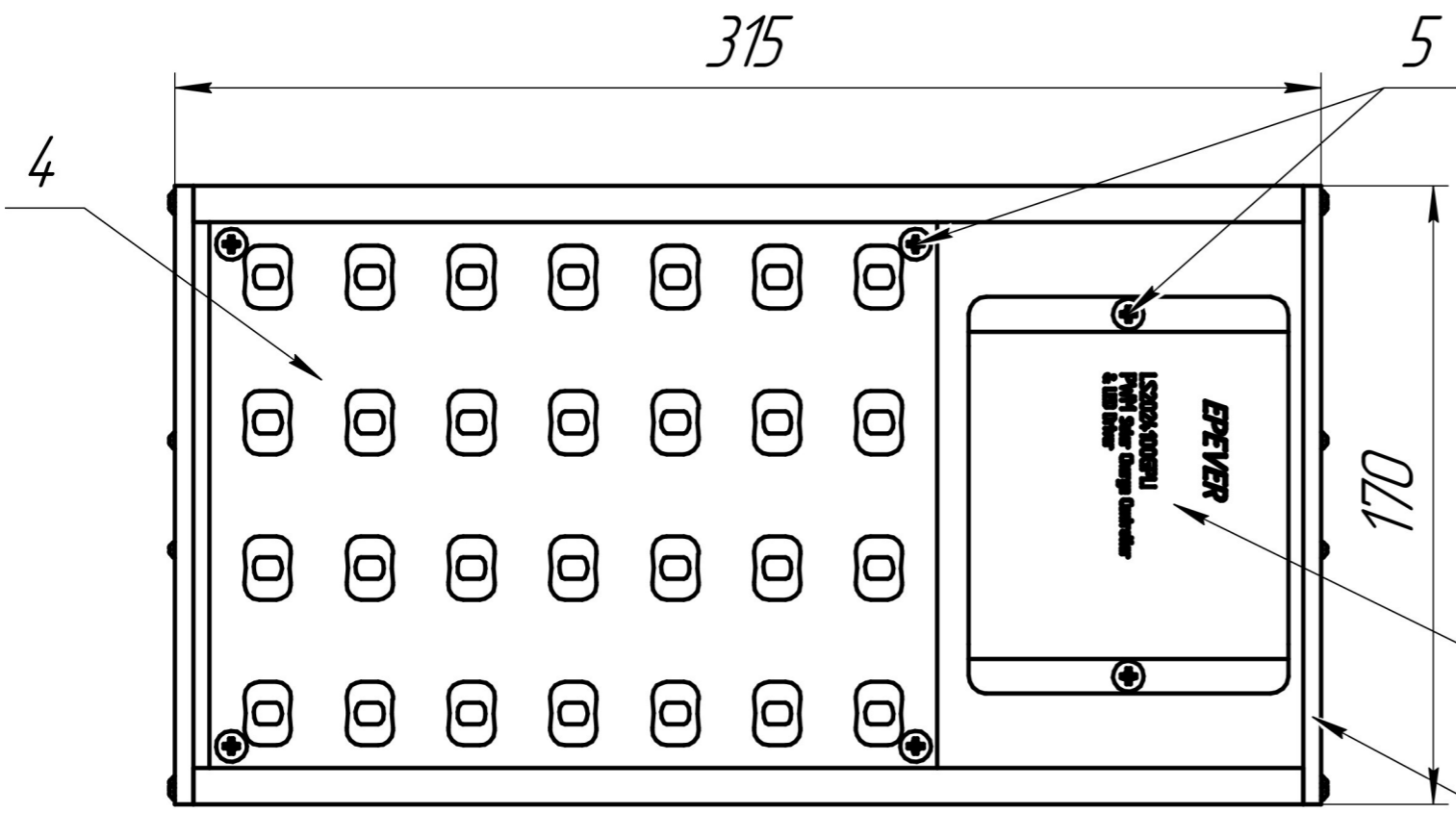
Подп. и дата

Изм. № дораб.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Маразов	М.А.	06.06.18
Проб.		Мышанков	М.	06.06.18
Т.контр.				
И.контр.		Карякина	О.А.	06.06.18
Утв.		Железникова	М.В.	06.06.18

БР-02069964-12.03.02-12-18

СВЕТИЛЬНИК
Сборочный чертеж

Лит.	Масса	Масштаб
	5,3	1:2
Лист	Листов 1	

ИЭС, каф. СТ, д\о, 471

Копировал

Формат А3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
A3			БР-02069964-12.03.02-12-18 СБ	Сборочный чертёж	1	
<u>Детали</u>						
		1		Боковая крышка 1	1	
		2		Боковая крышка 2	1	
		3		Корпус	1	
		4		Печатная плата	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
		5		Винт А2М5-6дх6 ГОСТ 17473-80	6	
		6		Винт А2М2,5-6дх6 ГОСТ 17473-80	12	
<u>Прочие изделия</u>						
		1		Светодиод	28	
		8		Линза	28	
		9		Контроллер со встроенным драйвером	1	

Перв. примен.
 Стр. №
 Подп. и дата
 Инв. № докл.
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

БР-02069964-12.03.02-12-18					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Морозов	<i>Морозов</i>	06.06.18	
Проб.		Мышонков	<i>Мышонков</i>	06.06.18	
Н.контр.		Карякина	<i>Карякина</i>	06.06.18	
Утв.		Железникова	<i>Железникова</i>	06.06.18	
Спецификация					
			Лит.	Лист	Листов
					1
ИЭС, каф. СТ, д\о, 471					

БР-02069964-12.03.02-12-18

Перв. примен.

Справ. №

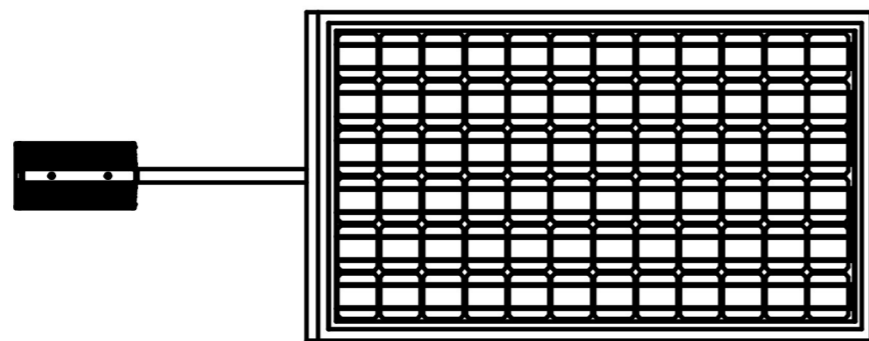
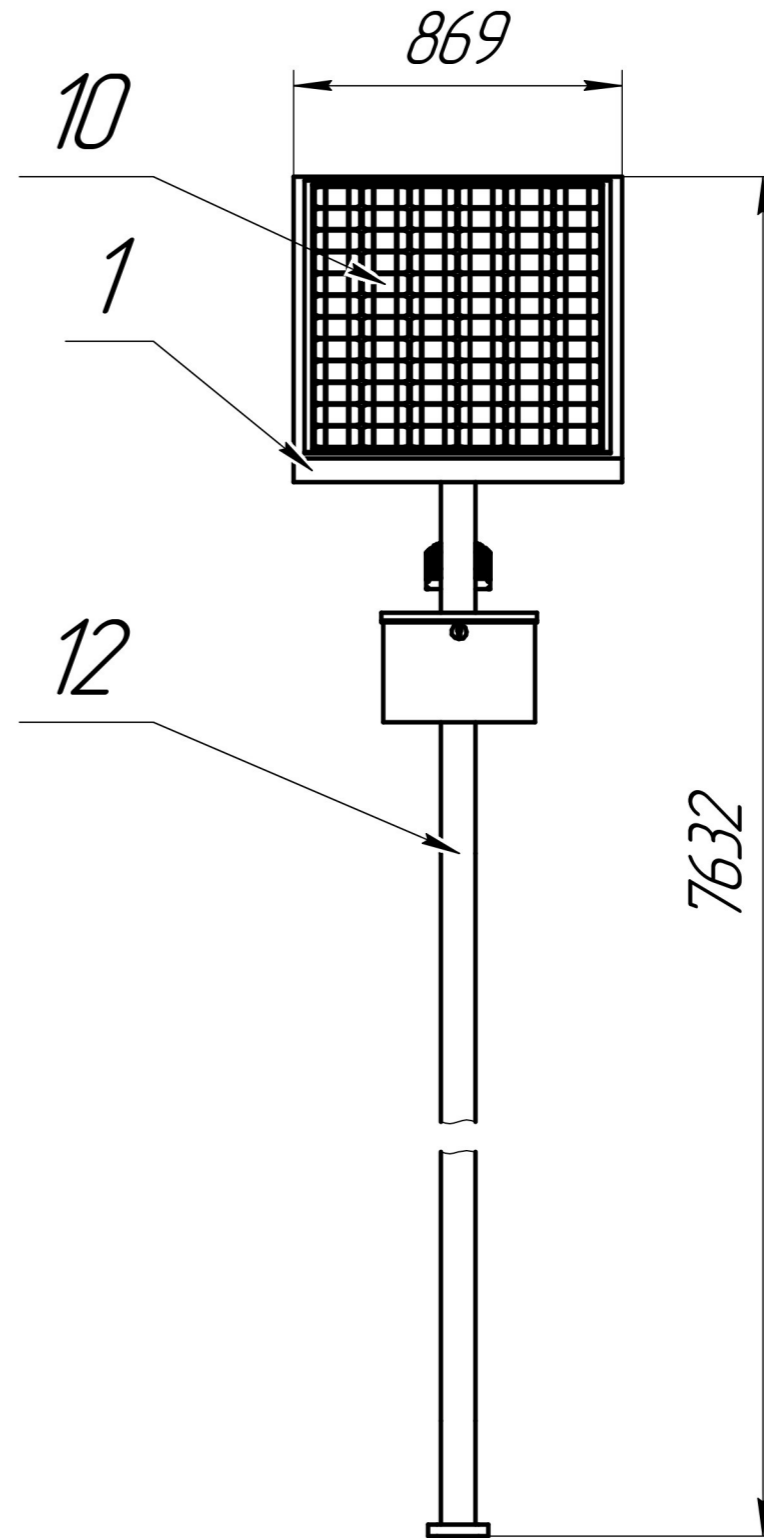
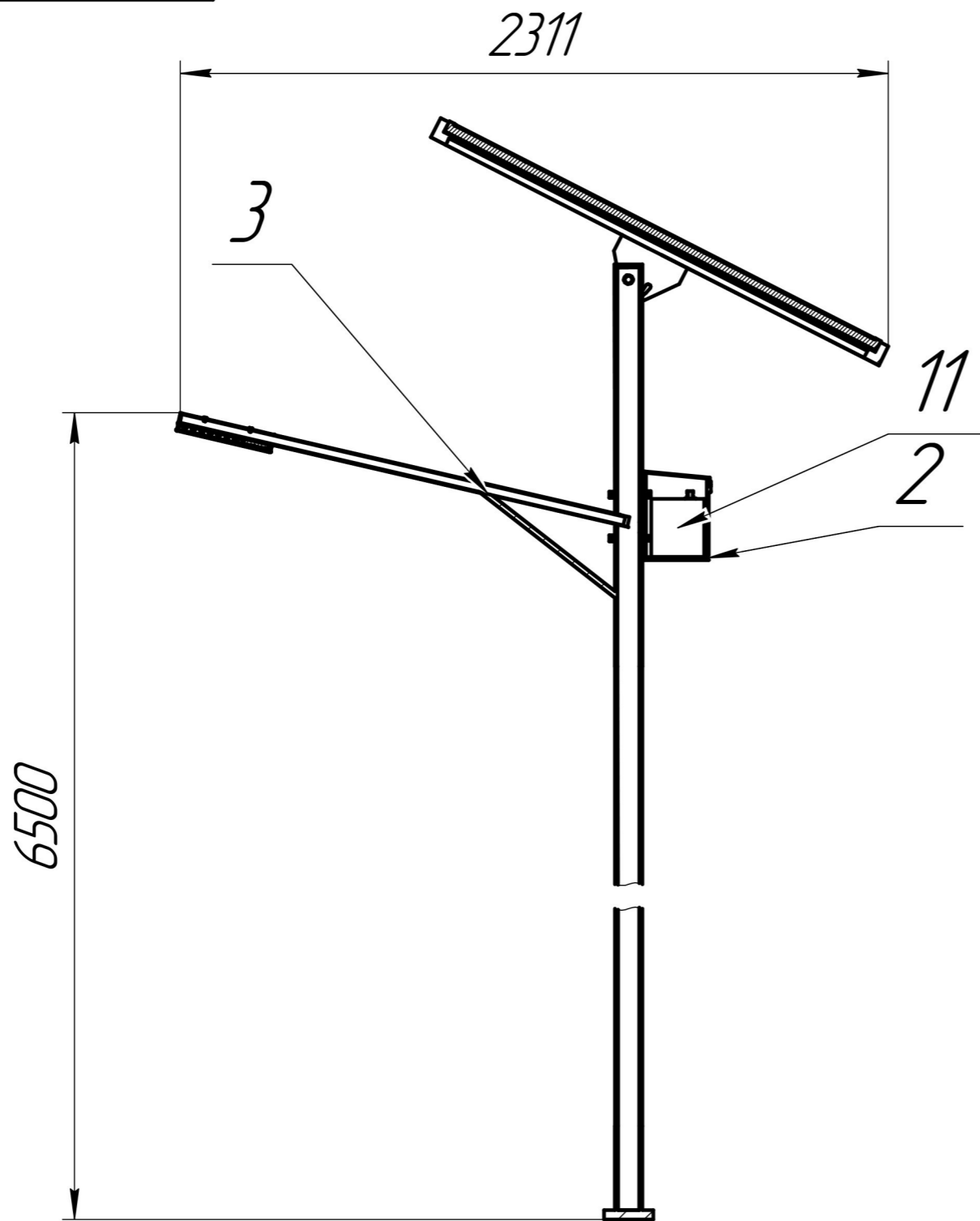
Подп. и дата

Изм. № д/изм.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



				БР-02069964-12.03.02-12-18				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Маразов	Маразов	06.06.2018					1:20
Пров.	Мышонков	Мышонков	06.06.18					
Т.контр.						Лист	Листов	1
Н.контр.	Карякина	Карякина	06.06.18			ИЭС, каф. СТ, д\о, 471		
Утв.	Железникова	Железникова	06.06.18			Формат А3		

Копировал

Формат А3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
А3			БР-02069964-12.03.02-12-18 СБ	Сборочный чертёж	1	
<u>Сборочные единицы</u>						
		1		Кронштейн для фотометрической панели	1	
		2		Короб для АКБ	1	
		3		Консоль	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
		2		Болт М30х140 ГОСТ 15589-70	1	
		5		Болт 4М6х8 ГОСТ 15589-70	2	
		6		Болт М8х40 ГОСТ 15591-70	2	
		7		Гайка М8-6Н ГОСТ 5915-70	2	
		8		Болт М12х28 (S18) ГОСТ 15589-70	4	
		9		Гайка М12х1,25-6Н ГОСТ 15522-70	4	
<u>Прочие изделия</u>						
		3		Фотозлектрическая панель	1	
		11		Аккумуляторная батарея	1	
		12		Опора	1	

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

БР-02069964-12.03.02-12-18

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Морозов	<i>Морозов</i>	06.06.18
Проб.		Мышонков	<i>Мышонков</i>	06.06.18
Н.контр.		Карякина	<i>Карякина</i>	06.06.18
Утв.		Железникова	<i>Железникова</i>	06.06.18

Спецификация

Лит.	Лист	Листов
		1

ИЭС, каф. СТ, д\о, 471