

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)

« ____ » _____ 2020 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА
РАЗРАБОТКА МАКЕТНОГО ОБРАЗЦА СВЕТОДИОДНОГО
СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ОСВЕЩЕНИЯ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

Автор бакалаврской работы

Д.А. Косолапов

(подпись)

(дата)

Обозначение бакалаврской работы БР-02069964-12.03.02-12-20

Направление 12.03.02 Оптотехника

Руководитель работы

канд. техн. наук, доц.

А. А. Горбунов

(подпись)

(дата)

Нормоконтролер

зав. лаб.

С.С. Карякина

(подпись)

(дата)

Саранск

2020

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)

« ____ » _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ

(в форме бакалаврской работы)

Студент Косолапов Дмитрий Анатольевич

1 Тема «Разработка макетного образца светодиодного светильника для внутреннего освещения железнодорожных вагонов»

Утверждена приказом № 8635-с от 25 октября 2019 г.

2 Срок представления работы к защите 15 июня 2019 г.

3 Исходные данные для исследования (проектирования): светильник вагонный ЛВВ03 Galad

4 Содержание выпускной квалификационной работы

4.1 Виды электрического освещения пассажирских вагонов

4.2 Светодиодное освещение железнодорожного транспорта

4.3 Исследование конструкции, технических особенностей и характеристик световых приборов для внутреннего освещения железнодорожных вагонов

4.4 Разработка виртуального образца светодиодного светильника для внутреннего освещения железнодорожных вагонов

Руководитель работы
канд. техн. наук, доц.

подпись, дата

А. А. Горбунов

Задание принял к исполнению

подпись, дата

Д.А. Косолапов

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 74 листа, 45 рисунков, 7 таблиц, 28 использованных источников.

СВЕТОДИОДНЫЙ ВАГОННЫЙ СВЕТИЛЬНИК, СВЕТОДИОД, СПЕКТР, ДИАГРАММА ЦВЕТНОСТИ, КСС, СВЕТОВОЙ ПОТОК, ИНДЕКС ЦВЕТОПЕРЕДАЧИ.

Цель бакалаврской работы – Разработка виртуального образца светодиодного светильника для внутреннего освещения железнодорожных вагонов.

Методы исследования: создание виртуального образца, измерения и анализ характеристик светосигнального осветительного прибора.

Полученные результаты: виртуальный макет светосигнального осветительного прибора, аналитические данные характеристик осветительного прибора в зависимости от использованного источника излучения.

Степень внедрения – частичная.

Область применения: предприятия, производящие светодиодные светильники для внутреннего освещения железнодорожных вагонов.

Эффективность: полученный результат изучения и создания модификации позволяет оценить эффективность данного виртуального образца по сравнению с аналогичными осветительными приборами.

					<i>БР-02069964-12.03.02-12-20</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		<i>Косалатов</i>			<i>Разработка макетного образца светодиодного светильника для внутреннего освещения железнодорожных вагонов</i>	Лит.	Лист	Листов
Провер.		<i>Горбцов</i>					4	74
Н. Контр.		<i>Карякина</i>				<i>ИЭС, каф. СТ, д\о, 471.</i>		
Утв.		<i>Железникава</i>						

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Виды электрического освещения пассажирских вагонов	10
1.1 Общие требования к освещению вагонов	11
1.2 Типы светильников для внутреннего освещения вагонов	17
1.3 Технические особенности светильников для внутреннего освещения вагонов	21
1.4 Анализ систем для общего рабочего, дежурного, аварийного освещения и местного освещения	25
1.4.1 Системы для общего, дежурного и аварийного освещения	25
1.4.2 Системы для местного освещения	28
2 Светодиодное освещение железнодорожного транспорта	30
2.1 Применение светодиодного освещения железнодорожного транспорта	31
2.2 Сравнительные характеристики традиционных и светодиодных источников света	33
2.3 Преимущества светодиодного освещения	34
2.4 Технические особенности светодиодных систем освещения	36
3 Исследование конструкции, технических особенностей и характеристик световых приборов для внутреннего освещения железнодорожных вагонов	37
3.1 Производитель исследуемых светильников	37
3.2 Светильники вагонные ЛВВ04 и ЛВВ05 фирмы GALAD. Технические параметры, преимущества и обслуживание	39
3.3 Светильники вагонные ЛПВ01 и ЛВВ03 фирмы GALAD. Технические параметры, преимущества и обслуживание	44

4	Разработка виртуального образца светодиодного светильника для внутреннего освещения железнодорожных вагонов	48
4.1	Исследование электрических, световых и калориметрических характеристик экспериментального образца	49
4.1.1	Устройство и принцип работы гониофотометра	49
4.1.2	Исследование электрических и световых характеристик экспериментального образца вагонного светильника	52
4.1.3	Исследование характеристик экспериментального образца вагонного светильника на спектрорадиометре	54
4.1.4	Исследование колориметрических характеристик светильников	55
4.2	Анализ и подбор комплектующих	56
4.3	Разработка модели виртуального образца светодиодного светильника для внутреннего освещения вагонов	62
4.3.1	Трехмерное проектирование в программе Компас-3D	62
4.4	Моделирование характеристик виртуального образца в программе DiaLux	66
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	71

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожный транспорт – это крупнейший потребитель электроэнергии и особо важный сектор развития экономики и промышленности страны. Огромное количество людей перемещается на поездах скорого, дальнего и ближнего следования круглый год. Пассажирский вагон на время путешествия становится для нас временным домом. Он должен быть современным, комфортным и безопасным. Для обеспечения всех этих условий необходимо реализовывать высокое качество деталей и оборудования, используемых в вагоне. Важной составляющей всегда было и остается обеспечение создание необходимых систем внутреннего освещения вагонов.

Освещение железнодорожных объектов – осуществляется от различных источников световой энергии: естественных (дневной свет, проникающий и помещения через световые проёмы в наружных стенах иди кровле), дополняемых искусственными электрические источниками света, работающими как в светлое, так и в тёмное время суток, или только от искусственных источников. Создание энергоэффективных систем освещения является ключевой задачей для обеспечения нормального функционирования структуры и соблюдения требований безопасности на объектах.

На протяжении многих лет системы внутреннего освещения железнодорожных вагонов оснащались светильниками с лампами люминесцентного освещения, с лампами накаливания и лампами местного освещения (софиты).

Новые программы развития железных дорог России требуют внедрения перспективных, наукоемких, ресурсо- и энергосберегающих технических средств, направленных на сокращение эксплуатационных расходов с сохранением и повышением качества освещенности. Современные требования повышения энергоэффективности объектов железной дороги

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

определяют необходимость модернизации системы освещения и замену морально устаревших люминесцентных светильников на новые более экономичные и энергоэффективные светодиодные.

Замена обычных ламп на LED-светильники требует затрат, однако эти расходы окупаются за небольшой промежуток времени за счет экономии электроэнергии. Применение светодиодных ламп позволяет снизить потребление электроэнергии в режимах общего, дежурного и ночного освещения в 8-10 раз, увеличить срок службы источника света в этих режимах в 50 раз. При этом, светодиодные лампы более пожаробезопасны и экологичны, чем люминесцентные, так как не нагреваются в процессе работы и не содержат опасных для здоровья веществ.

Целью бакалаврской работы является разработка виртуального образца светодиодного светильника для внутреннего освещения железнодорожных вагонов.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- проанализировать виды электрического освещения пассажирских вагонов;
- проанализировать общие требования и технические особенности систем общего, дежурного, аварийного и местного освещения;
- изучить конструкцию, технологические особенности и характеристики светильников для освещения железнодорожных вагонов;
- разработать виртуальный образец светодиодного светильника для внутреннего освещения вагона на основе его аналога - светильника потолочного с двумя двухцокольными люминесцентными лампами мощностью 18 Вт предназначенного для общего освещения пассажирских вагонов;

– исследовать и проанализировать характеристики экспериментального образца светодиодного светильника для внутреннего освещения вагона на основе его аналога - светильника потолочного с двумя двухцокольными люминесцентными лампами мощностью 18 Вт предназначенного для общего освещения пассажирских вагонов;

– ознакомиться с примерами светодиодного освещения вагонов, указать их характеристики и преимущества.

Актуальность бакалаврской работы заключается в разработке виртуального образца светодиодного светильника для внутреннего освещения железнодорожных вагонов, сравнение характеристики с его аналогом – светильником потолочным с двумя двухцокольными люминесцентными лампами мощностью 18 Вт предназначенного для общего освещения пассажирских вагонов, а также целесообразности производства данного виртуального образца на производстве.

Новизной бакалаврской работы является оценка эффективности использования виртуального образца светодиодного светильника для внутреннего освещения железнодорожных вагонов по сравнению с аналогичными осветительными приборами.

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
						9
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

1 Виды электрического освещения пассажирских вагонов

Осветительные установки обеспечивают освещенность рабочих поверхностей в соответствии с установленными нормами. Освещенность является количественным показателем, который характеризуется отношением светового потока, создаваемого осветительной установкой, к площади освещаемой им поверхности. Величина освещенности зависит от условий зрительной работы, размера объекта и фона, на котором объект необходимо различать [26].

В настоящее время существуют нормы и стандарты освещенности обязательные для правильного подбора осветительного оборудования. В России основным таким документом является СНИП 23-05-95, изданный еще в 1995 году и постоянно обновляющийся согласно современным требованиям. Обновленным вариантом такого документа является свод правил Естественного и искусственного освещения от 20 мая 2011 года - СП 52.13330.2011 [15]. В постановлении от 4 марта 2003 года СП 2.5.1198-03 введены в действие «Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте». Данные санитарные правила распространяются на комплекс стационарных объектов и подвижной состав железнодорожного транспорта, составляющих систему обеспечения пассажирских перевозок.

В помещениях пассажирских вагонов локомотивной тяги: салонах, купе, коридорах, служебных отделениях, вагонах-ресторанах, в буфетных отделениях, тамбурах, туалетах, сортировочных залах почтовых вагонов должны предусматриваться следующие виды искусственного освещения:

- аварийное освещение;
- освещение безопасности – освещение для продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения;

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

- эвакуационное освещение – освещение для эвакуации людей из помещения при аварийном отключении рабочего освещения;
- дежурное освещение – освещение в нерабочее время;
- комбинированное освещение – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное освещение;
- местное освещение – освещение, дополнительное к общему, создаваемое светильниками, концентрирующими световой поток непосредственно в местах расположения пассажиров;
- общее освещение – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение);
- рабочее освещение – освещение, обеспечивающее нормируемые осветительные условия (освещенность) в помещениях [17].

1.1 Общие требования к освещению вагонов

Актуальная редакция постановления СП 2.5.1198-03 выдвигает следующие требования к освещению вагонов:

- окна пассажирских вагонов должны иметь двух-трехслойное остекление плоским безопасным стеклом, обеспечивать достаточную видимость и естественную освещенность, звуковую и тепловую изоляцию согласно санитарно-гигиеническим требованиям к устройству, оборудованию и эксплуатации пассажирских вагонов локомотивной тяги и вагонов-ресторанов. Допускается применение тонированных стекол;
- искусственное освещение вагонов должно обеспечивать достаточную освещенность, не создавать отраженной блескости и резких контрастов. Для защиты пассажиров и обслуживающего персонала от воздействия прямых солнечных лучей окна вагона следует оборудовать светозащитными приспособлениями. В помещениях пассажирских вагонов должны быть

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

предусмотрены следующие виды искусственного освещения: рабочее и аварийное. Спальные места пассажиров и обслуживающего персонала, за исключением пассажирских отсеков третьего класса, должны иметь дополнительно местное освещение. Для искусственного освещения должны использоваться люминесцентные лампы, близкие по спектру к дневному и другие виды световых приборов, допущенных к применению в установленном порядке. Новые источники света (светодиоды) допускаются к использованию в системе общего искусственного освещения в пассажирских и служебных помещениях, а также в отдельных точках (светящиеся дорожки при аварийном выходе, ступеньки при входе в вагон) вагонов локомотивной тяги;

– световые приборы, предназначенные к эксплуатации со светодиодами, должны иметь защитный угол, исключающий попадание в поле зрения прямого излучения. Не допускается наличие в спектре излучения волн длиной менее 400 нм. Электроснабжение светильников с люминесцентными лампами должно осуществляться от источников переменного тока с частотой не менее 400 Гц;

– необходимо предусмотреть искусственное освещение неотапливаемых и вспомогательных помещений (тамбуров, котельных отделений, кладовых);

– во всех вагонах должно быть предусмотрено аварийное освещение для эвакуации людей с освещенностью на полу не менее 1 лк [25].

Также в СП 2.5.1198-03 указаны санитарно-гигиенические требования и нормативы для мотор-вагонного подвижного состава (МВПС).

Моторвагонный подвижной состав (МВПС) — общее название подвижного состава железных дорог, имеющего обмоторенные вагоны. К МВПС относятся железнодорожные электропоезда, дизельпоезда, автомотрисы, электропоезда (и служебные дизельпоезда) метрополитена. Принципиальным отличием моторвагонного подвижного состава от состава

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

на локомотивной тяге является то, что в нём все или некоторые вагоны как оборудованы двигателями и предназначены для тяги, так и имеют салоны для перевозки пассажиров; в поезде с локомотивной тягой вагоны являются несамоходными, а сам локомотив служит лишь для тяги [13].

Требования к физическим и химическим факторам среды кабин и салонов вагонов МВПС указывают:

- искусственное освещение должно обеспечивать необходимую освещенность помещений МВПС, пультов и органов управления, контрольно-измерительной аппаратуры;

- в основных помещениях МВПС должны быть предусмотрены следующие виды освещения: рабочее (общее и местное) - во всех помещениях; аварийное - во всех помещениях; дежурное - в салонах, когда нет необходимости в рабочем освещении;

- общее рабочее и аварийное освещение в кабинах управления МВПС должно быть выполнено лампами накаливания. При проектировании и устройстве освещения кабины управления необходимо предусматривать меры по исключению слепящего действия осветительных установок;

- в пассажирских салонах общее освещение должно быть выполнено светильниками с люминесцентными лампами. Допускается освещение лампами накаливания или осветительными установками со светодиодами белого цвета свечения с цветовой коррелированной температурой от 2400 °К до 5500 °К. Для оборудования освещения тамбуров и других неотапливаемых помещений должны быть установлены светильники, обеспечивающие нормативный уровень освещенности при климатических условиях эксплуатации, установленных технической документацией. Аварийное освещение должно быть выполнено лампами накаливания или светодиодами белого цвета свечения с цветовой коррелированной температурой от 2400 °К до 6800 °К, подключенными к независимому источнику питания, и переключаться на него автоматически при внезапном отключении рабочего

освещения. Светильники со светодиодами могут также применяться для обозначения светящихся дорожек, аварийных выходов, ступенек и т.п. Светотехнические приборы, предназначенные для эксплуатации со светодиодами, должны иметь защитный угол, исключающий попадание в поле зрения прямого излучения светодиодного источника. Не допускается применение светодиодов, в спектре излучения которых длина волн менее 400 нм. Светильники должны обеспечивать равномерную освещенность помещения. Неравномерность освещения (отношение максимальной освещенности к минимальной) должна составлять 2:1. В таблице 1.1 указаны параметры искусственного освещения пассажирских вагонов.

Таблица 1.1 – Параметры искусственного освещения пассажирских вагонов

Наименование показателя	Значение показателя, лк
1	2
1. Рабочее освещение	-
1.1. Спальные вагоны	-
- освещенность на горизонтальной плоскости на высоте 0,8 м от пола и расстоянии 0,6 м от спинки дивана и на поверхности столика, лк, не менее	150
- освещенность на горизонтальной плоскости от светильника местного освещения на высоте 0,5 м от поверхности дивана и на расстоянии 0,6 м от светильника, лк, не менее	100
1.2. Вагоны с креслами для сидения	-
- освещенность на горизонтальной плоскости на высоте 0,8 м от пола и расстоянии 0,6 м от спинки кресла и на поверхности столика, лк, не менее	150 50
- освещенность на полу, лк, не менее	
1.3. Вагон-ресторан	-
1.3.1. Обеденный зал	-
- освещенность на столах, лк, не менее	200
1.3.2. Кухня	-
- раздаточное окно, лк, не менее	100
- освещенность рабочей поверхности плиты, мойки, лк, не менее	200
- освещенность на производственных столах, лк, не менее	300
- посудомоечное отделение, лк, не менее	50
1.3.3. Бар, бистро	-
- освещенность на столах посетителей, на стойке раздачи, лк, не менее	200
- освещенность на производственных столах, мойке, лк, не менее	150
1.4. Багажный вагон	-

Окончание таблицы 1.1

1	2
1.4.1. Отделение для багажных раздатчиков	-
- освещенность на горизонтальной плоскости на высоте 0,8 м от пола, лк, не менее	100
1.4.2. Кладовая	-
- освещенность на полу, лк, не менее	30
1.5. Почтовый вагон	-
1.5.1. Зал сортировки корреспонденции	-
- освещенность на горизонтальной плоскости на высоте 0,8 м от пола, лк, не менее	300
- освещенность на вертикальной плоскости на клетках сортировочных шкафов по всей высоте шкафа, лк, не менее	200
1.5.2. Трактовая и транзитная кладовые	-
- освещенность на полу, лк, не менее	100
1.5.3. Купе для служебной корреспонденции	-
- освещенность на вертикальной плоскости на высоте 0,8 м от пола, лк, не менее	150
1.5.4. Рабочий стол начальника и заместителя начальника почтового вагона	-
- освещенность на столе, лк, не менее	150
1.6. Общие помещения вагонов	-
1.6.1. Служебное купе	-
- освещенность на рабочем столе, лк, не менее	150
- освещенность на вертикальной плоскости на электрощите, лк, не менее	100
1.6.2. Туалет	-
- освещенность на вертикальной плоскости на высоте 1,5 м от пола и на расстоянии 0,3 м от зеркала, со стороны зеркала, лк, не менее	100
- освещенность на полу, лк, не менее	50
1.6.3. Коридоры, освещенность на полу, лк, не менее	-
- большой коридор,	50
- малый коридор	30
1.6.4. Тамбуры	-
- освещенность на полу, лк, не менее	20
1.6.5. Ступени при входе в вагон (кроме почтового)	-
- освещенность на нижней ступени, лк, не менее	10
1.6.6. Котельное отделение	-
- освещенность на вертикальной плоскости на контрольных приборах, лк, не менее	30
2. Аварийное освещение помещений вагона	-
- освещенность на полу основных проходов, лк, не менее	1,0
- освещенность на горизонтальной плоскости на высоте 0,8 м от пола, лк, не менее	100

Искусственная освещенность помещений салонов и кабины управления должны соответствовать требованиям, указанным в таблицах 1.2 и 1.3.

Таблица 1.2 – Показатели искусственного освещения помещений МВПС

Наименование показателя	Значение показателя, лк, не менее
1. Рабочее освещение	
1.1. Освещенность в салоне, на высоте 0,8 м от пола и расстоянии 0,6 м от спинки дивана (кресла)	150
1.2. Освещение тамбура, межвагонного перехода:	
1.2.1. Освещенность в тамбуре на полу	20
1.2.2. Освещенность в межвагонном переходе на полу (для МВПС с конструкционной скоростью 160 км/ч и более)	50
1.3. Освещенность на нижней ступени при входе в вагон	10
1.4. Освещение бара, бистро:	
1.4.1. Освещенность на столах посетителей	200
1.4.2. Освещенность на стойке раздачи	200
1.4.3. Горизонтальная освещенность на высоте 0,8 м от пола в производственных помещениях, помещениях для хранения продуктов	150
1.5. Освещение туалета:	
1.5.1. Освещенность в вертикальной плоскости на 100 высоте 1,5 м от пола и на расстоянии 0,3 м от зеркала, со стороны зеркала	100
1.5.2. Освещенность в горизонтальной плоскости на высоте 1,5 м от пола и на расстоянии 0,3 м от зеркала	30
1.5.3. Освещенность в туалете на полу, лк, не менее	50
1.5.4. Освещенность в туалете на площадке унитаза, лк, не менее	80
1.5.5. Освещенность в туалете на расстоянии 1000 мм от зеркала	100
1.6. Освещение служебного купе:	
1.6.1. Освещенность на рабочем столике, лк, не менее	150
1.6.2. Освещенность на вертикальной поверхности электрощита	100
1.7. Освещенность на электрических аппаратах в шкафах, лк, не менее 30	
2. Аварийное освещение помещений вагона	
2.1. Освещенность на полу основных проходов, лк, не менее	1,0

Таблица 1.3 – Показатели искусственного освещения кабины управления МВПС

Наименование показателя	Значение показателя
1	2
1. Рабочее освещение	
1.1. Освещенность на пульте управления, лк, при включении режима:	
1.1.1. Яркий свет	От 20 до 60
1.1.2. Тусклый свет	От 2 до 9
1.2. Неравномерность освещенности (отношение максимальной освещенности к минимальной), не более	2:1
2. Местное освещение	
2.1. Освещенность места для графика движения на пульте управления на рабочем месте машиниста и места с размерами 200 х 300 мм на рабочем месте помощника машиниста, лк	Не менее 10 с плавной или ступенчатой регулировкой до 1

Окончание таблицы 1.3

1	2
2.2. Неравномерность освещенности (отношение максимальной освещенности к минимальной), не более	5:1
3. Аварийное освещение	
3.1. Освещенность на пульте управления, лк, не менее	3
4. Освещение машинного отделения	
4.1. Освещенность проходов, на полу, лк, не менее	5

1.2 Типы светильников для внутреннего освещения вагонов

Светильники должны обеспечивать комфортным уровнем света все помещения состава: это, во-первых, пользовательское освещение для дневного и ночного использования, а также аварийное освещение, которое используют в экстренных случаях.

Среди светильников для установки в вагоны поездов выделяют несколько видов [21]:

- линейные светильники;
- точечные светильники;
- специальные светильники;
- светоизлучающие диоды;
- люминесцентные лампы;
- лампы накаливания.

Линейные светильники могут быть реализованы в 3-х исполнениях: прямой свет, отраженный свет, комбинированный свет. Исполнение светильника прямого света предназначена для общего, аварийного (дежурного) освещения салонов вагонов железнодорожного транспорта, метрополитена, троллейбусов и трамваев (рисунок 1.1.). В качестве источника света используются светоизлучающие диоды мощностью 0,5 или 1 Вт. Также могут использоваться люминесцентные лампы типа T5 или T8.

Светильники линейные отражённого света предназначены для внутреннего освещения вагонов пассажирского подвижного состава и других помещений, рассчитанных на длительное пребывание людей, а так же мест где затруднено обслуживание светотехники. Изображения светильников представлены на рисунках 1.1 и 1.2.



Рисунок 1.1 – Линейные светильники прямого света

Используется принцип отраженного света. Отражателем и рассеивателем является потолок и окружающий интерьер. Это позволяет избежать ярких слепящих точек от светоизлучающих диодов, сделать свет мягким и приятным для глаз. Светодиоды закрыты поликарбонатным плафоном.

Основное отличие комплексов комбинированного света от классических типов осветительных систем – это герметичность и отсутствие блоков питания внутри самого светильника.

По способу размещения и установки для освещения внутреннего помещения вагонов различают следующие типы светильников:

- встраиваемые;
- настенные;
- потолочные.

По типу назначения различают следующие типы светильников для освещения внутреннего помещения вагонов:

- для освещения купе пассажирских железнодорожных вагонов с режимом дежурного освещения;
- для освещения купе пассажирских железнодорожных вагонов без режима дежурного освещения;
- для освещения коридоров пассажирских железнодорожных вагонов с режимом дежурного освещения;
- для освещения коридоров пассажирских железнодорожных вагонов без режима дежурного освещения;
- для освещения тамбуров, туалетов и служебных помещений пассажирских железнодорожных вагонов;
- для индивидуального освещения при чтении в купе пассажирских железнодорожных вагонов.

В зависимости от предназначения, в светильниках для внутреннего освещения вагонов используют следующие источники света:

- лампы накаливания;
- люминесцентные лампы;
- светодиоды.

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

зачастую и меньшая стоимость. Защитное стекло может изготавливаться рифлёным, а также матовым, в зависимости от типа светильника. Рифлёная форма защитного стекла позволяет достичь равномерной освещённости на поверхностях помещения.

Освещенность различных предметов в пассажирских помещениях должна быть по возможности равномерной, так как разная освещенность их вызывает зрительное утомление. Неравномерность освещения предметов характеризуется коэффициентом неравномерности, под которым понимается отношение средней освещенности помещения к наименьшей. Кроме того, осветительные устройства не должны ослеплять глаза прямыми или отраженными лучами света [5].

В основном светильники рассчитаны на питание от группового или индивидуального преобразователя постоянного тока с номинальными напряжениями – 12 В, 24 В, 50 В, 80В или 75 В, 110 В и от сети переменного тока с номинальным напряжением 220 В. Питание ламп накаливания дежурного и аварийного освещения осуществляется от сети постоянного тока с номинальным напряжением 50 В и 110 В.

Аварийное электроснабжение- это питание вагона электрическим током от соседнего. Применяется в тех случаях, когда в вагоне неисправен генератор, или АКБ. Производится путём подключения электроснабжения вагона к соседнему вагону через подвагонную магистраль [24]. Все провода общего и аварийного освещения, сигнальных сетей (громкая связь, пожарные оповещатели) проложены магистрально внутри модулей. Для подключения к сети в модулях установлены наборы клемм.

Оптический отсек и отсек ПРА – доступ снизу. Для замены лампы необходимо открыть рассеиватель. Он открывается в любую из сторон, а также снимается с модулей, что обеспечивает удобный свободный доступ к лампе с патроном.

В некоторых светильниках предусмотрены отверстия для установки дополнительного оборудования.

Подключение люминесцентных ламп через электронно пускорегулирующую аппаратуру (ЭПРА) для транспорта. В электрическую сеть все люминесцентные лампы включаются через специальную пускорегулирующую аппаратуру – электромагнитную (ЭмПРА) или электронную (ЭПРА). В первом случае, кроме электромагнитного дросселя (балласта), необходим неоновый стартер.

Электронные (ЭПРА) - современный источник питания для люминесцентных ламп, он представляет собой плату, на которой расположен высокочастотный преобразователь. Лишен всех перечисленных выше недостатков, благодаря чему лампы выдают большой световой поток и срок службы [1].

Большое количество электронных пускорегулирующих аппаратов производят для люминесцентных ламп от постоянного напряжения. Область применения: освещение салонов и кабин транспортных средств (троллейбусы, автобусы, трамваи, маршрутные такси и др.) и железнодорожных вагонов. Специально разрабатывались по ТЗ для железных дорог и по ТЗ заводов изготовителей светильников [28]. Данные ЭПРА, изображенные на рисунке 1.4, могут обладать следующими характеристиками:

– аппарат позволяет использовать его в условиях повышенной вибрации и диапазоне температур, характерных для различного автотранспорта;

– стабилизация мощности потребления в широком диапазоне изменения входного напряжения;

– стабильный поджиг («горячий» режим);

– повышенная надежность;

– унифицированные корпуса (вид А, Б);

									Лист
									23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ОП-02069964-12.03.02-12-20				

- защита работы ЭПРА при отсутствии или повреждении лампы;
- автоматическое включение после замены лампы;
- защита от изменения полярности входного напряжения;
- защита от импульсных всплесков входного напряжения;
- аппарат позволяет использовать его в условиях повышенной вибрации и диапазоне температур, характерных для различного автотранспорта;
- стабилизация мощности потребления в широком диапазоне изменения входного напряжения;
- стабильный поджиг («горячий» режим);
- повышенная надежность;
- встроен ограничитель входного напряжения;
- защита работы ЭПРА при отсутствии или повреждении лампы;
- автоматическое включение после замены лампы;
- защита от изменения полярности входного напряжения;
- защита от импульсных всплесков входного напряжения.



Рисунок 1.4 – Внешний вид ЭПРА используемых для транспорта

(непосредственно от аккумуляторов), обходя централизованные преобразователи. Допускается использование индивидуальных преобразователей – по одному не более, чем на две лампы.

Аварийное освещение подразделяется на эвакуационное и резервное.

Эвакуационное освещение подразделяется на:

- освещение путей эвакуации;
- эвакуационное освещение зон повышенной опасности;
- эвакуационное освещение больших площадей (антипаническое освещение).

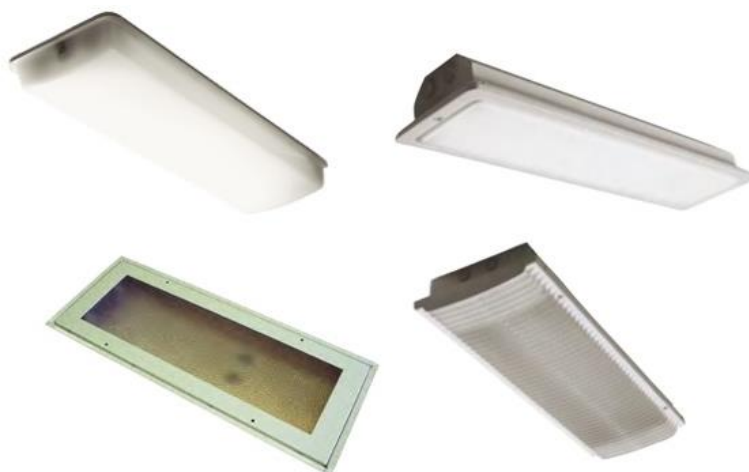


Рисунок 1.5 – Светильники для общего и аварийное освещение пассажирских вагонов

Лампы аварийного освещения должны автоматически переключаться на питание от независимого источника питания при внезапном отключении рабочего или дежурного освещения.

Лампы аварийного освещения подключаются, как минимум, к двум электрораспределительным цепям с индивидуальными, независимыми предохранителями.

					ОП-02069964-12.03.02-12-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

Система аварийного освещения вагона может питаться как от собственной аккумуляторной батареи, так и от соседнего вагона по отдельному низковольтному межвагонному соединению, если это предусмотрено конструкцией вагонов.

Для аварийного освещения в основном используют лампы накаливания мощностью 25 Вт, светодиоды мощностью 2 Вт. С помощью ЭПРА регулируется питание светодиодных источников света. Современные светильники с системой дежурного освещения представляют из себя световые линии (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Светильники с функцией «Дежурное освещение»

При дежурном освещении освещенность должна составлять не менее 50% от нормируемой величины. Питание ламп накаливания дежурного освещения осуществляется от сети постоянного тока. С помощью ЭПРА регулируется питание светодиодных источников света. Возможно использование маломощных (6-8 Вт) люминесцентных ламп с

индивидуальными преобразователями в потолочных светильниках. При неисправной системе энергоснабжения дежурное освещение должно функционировать как аварийное.

1.4.2 Системы для местного освещения

В пассажирских вагонах применяется также местное освещение. Это настольные и настенные светильники - софиты. Благодаря местному освещению достигается более равномерное освещение пассажирских помещений, повышается комфорт. Местное освещение – индивидуальное освещение для чтения должны оборудоваться во всех пассажирских местах вагонов первого класса. На рисунке 1.7 изображены модели светильников для местного освещения.



Рисунок 1.7 – Светильники для местного освещения салонов пассажирских вагонов

В таких светильниках используют компактные люминесцентные лампы, светодиоды. Номинальная мощность варьируется от 1 до 10 Вт.

Данный тип светильников имеет малые габаритные размеры. На корпусе светильников с КЛЛ могут быть установлены 2 тумблера: для включения/выключения и для регулировки светового потока независимо от общего освещения. В корпус светильника встраивается ЭПРА.

					ОП-02069964-12.03.02-12-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

2 Светодиодное освещение железнодорожного транспорта

Улучшение электрического освещения вагонов при одновременном снижении объемов потребляемой энергии является актуальной задачей. В настоящее время освещение пассажирских вагонов осуществляется посредством: ламп накаливания; люминесцентных ламп; светодиодных источников света и индукционных ламп.

Как известно, способ и качество светотехнических решений оказывает непосредственное влияние на безопасность на транспорте, эффективность и престиж РЖД с ростом конкурентоспособности [2].

В России долгое время пользовались лампами накаливания (так называемыми «лампочками Ильича») для освещения помещений. Но существуют и другие источники освещения. К ним можно отнести люминесцентные и светодиодные лампы.

Светодиод или светоизлучающий диод – полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока в прямом направлении.

Излучаемый светодиодом свет лежит в узком диапазоне спектра. Иными словами, его кристалл изначально излучает конкретный цвет (если речь идёт о СД видимого диапазона) — в отличие от лампы, излучающей более широкий спектр, где нужный цвет можно получить лишь применением внешнего светофильтра. Диапазон излучения светодиода во многом зависит от химического состава использованных полупроводников [23].

Положительной особенностью светодиодного освещения является то, что подбор необходимой длины волны в составе светодиодного светильника – хорошо решаемая задача с комбинированием фиолетового и синего спектров [12].

Современные требования повышения энергоэффективности и экономии объектов железной дороги определяют необходимость

					ОП-02069964-12.03.02-12-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

модернизации системы освещения и замену морально устаревших люминесцентных светильников на новые более экономичные и энергоэффективные светодиодные.

Эти осветительные приборы имеют огромные преимущества перед привычными лампами накаливания, люминесцентными и галогенными лампами. Благодаря своей экономичности и эффективности, светодиодные светильники существенно потеснили позиции традиционного осветительного оборудования. Показатели светотдачи достигают 145 люмен с одного ватта. Для сравнения, люминесцентная лампа выдает не более 80 люмен с ватта.

Кроме высокого показателя светотдачи и малого потребления энергии данные светильники могут выдавать, при необходимости, излучение любого цвета [11].

На рынке светодиодных светильников для внутреннего освещения вагонов существует большое количество модификаций. К основным параметрам относятся: виброустойчивость, энергоэффективность, большой срок службы, высококачественные материалы корпуса и режим освещения.

2.1 Применение светодиодного освещения железнодорожного транспорта

На протяжении последних нескольких лет в производстве светодиодов постоянно приходилось идти на компромиссы: достижение высокой светотдачи приводило к сокращению срока службы устройства, а качественный индекс цветопередачи в новом источнике света нередко сочетался с относительно невысокой яркостью диода [18].

Первое коммерческое использование светодиодов связано с их применением в качестве замены индикаторов, ранее основанных на использовании ламп накаливания. Из светодиодов изготавливали семисегментные индикаторы, встраивали в дорогие лабораторные приборы,

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		31

использовали в тестовом оборудовании, но позже светодиоды стали применять при изготовлении телевизоров, радиоприемников, телефонов, калькуляторов и даже часов. Светодиоды красного свечения, применяемые для этих целей имели яркость, достаточную для использования лишь в качестве индикаторов. Светодиоды других цветов имели еще меньшую яркость. Все типы led выпускались в типоразмерах 3 или 5 мм [22].

В настоящее время многие предприятия озадачены проблемой нарастающего дефицита энергетических ресурсов и загрязнения окружающей среды (в том числе, содержащейся в газоразрядных лампах ртутью). Компания ОАО «РЖД» - как одно из крупнейших потребителей электроэнергии ежегодно использует более 40 млрд. кВт/ч электроэнергии, или порядка 4% общероссийского потребления. На рисунке 2.1 представлена диаграмма показывающая распределение электроэнергии потребляемой компанией ОАО «РЖД».

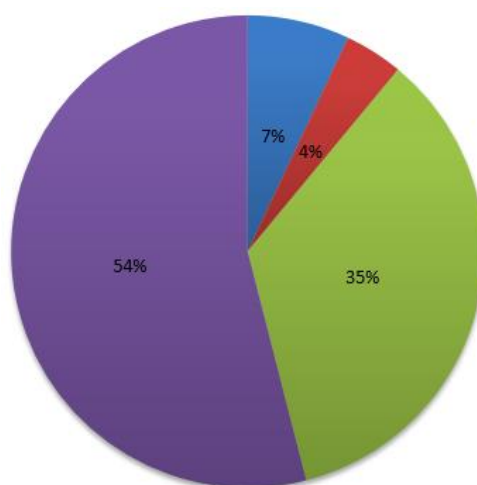


Рисунок 2.1 – Диаграмма электропотребления в компании ОАО «РЖД»

Как видно из данной диаграммы первое место по потребляемой энергии занимают производственно-технологические нужды (54 %), второе

место занимают расходы на освещение (35%). Менее затратными в этом плане являются электроотопление, вентиляция (7%) и прочие нужды (4 %).

Проанализировав эти данные можно понять, что к энергосберегающим технологиям «РЖД» проявляют огромный интерес, для того чтобы сократить потребление энергоресурсов [4].

2.2 Сравнительные характеристики традиционных и светодиодных источников света

В мировой практике одной из энергоэффективных и экологических систем в сфере освещения является светодиодная система освещения. Светодиодную систему освещения успешно внедряют и в железнодорожной отрасли: в освещении железнодорожных платформ, подъездных и железнодорожных путей, привокзальных площадей, наружном и внутреннем освещении станций и подстанций, вокзалов, освещении пассажирских поездов и пригородных электричек, цехов, моторвагонных и локомотивных депо, железнодорожных мостов.

Стремительное развитие технологии к энергосбережению дают возможность на то, что светодиодное освещение и дальше будет завоевывать позиции основного вида современной светотехники, так как светодиодное освещение вчера являлось перспективой будущего, а сегодня становится реальностью настоящего.

Подобные светильники легко подключить к программному освещению, что позволит максимально эффективно осуществлять необходимый производственный и технологический контроль [8].

Ранее для освещения на железнодорожном транспорте использовались прожекторы и светильники с использованием традиционных источников света. В таблице 2.1 представлены сравнительные характеристики эффективности данных ламп.

					ОП-02069964-12.03.02-12-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Таблица 2.1 – Сравнительные характеристики различных источников света

Характеристики	Светодиодная лампа	Люминесцентная лампа	Лампа накаливания
Световой поток	700Lm	700Lm	720Lm
Эффективность светоотдачи	78Lm/W	28Lm/W	12Lm/W
Потребляемая мощность	9W	20W	60W
Срок службы	50000 часов	до 25000 часов	до 1000 часов
Экологичность	Да	Содержит ртуть	Да
Необходимость утилизации	Не требует особых мер утилизации	Требует специальных мер утилизации	Не требует особых мер утилизации
Использование во влажных и пыльных помещениях	Да	Нежелательно, сокращается срок службы	Да
Задержка включения	Нет	Да	Нет
Частое включение/выключение питания	Не влияет на срок службы	Сокращает срок службы	Сокращает срок службы
Мерцание	Нет	Да	Нет
Виброустойчивость	Да	Нет	Нет
Техническое обслуживание	Редко	Умеренно	Часто

2.3 Преимущества светодиодного освещения

Анализируя таблицу 2.1 можно сделать вывод, что традиционные источники света, по сравнению со светодиодными, имеют значительно большее энергопотребление при значительно меньшем ресурсе работы, что влечет за собой существенные издержки на оплату электроэнергии и эксплуатационные расходы (рисунок 2.2). Годовую экономию электроэнергии при переоборудовании одного вагона рассчитаем по формуле 2.1.

$$\mathcal{E}_W = (W_{\text{суц}} - W_{\text{пер}})/1000 \quad (2.1)$$

где $W_{\text{сущ}}$, $W_{\text{рек}}$ – расход электроэнергии соответственно при существующих и рекомендуемых осветительных приборах за год, кВт-ч.

Расход электроэнергии так же требует расчетов, например, $W_{\text{сущ}}$ рассчитывается по формуле 2.2

$$W_{\text{сущ}} = P_{\text{сущ}} \cdot T \quad (2.2)$$

где $P_{\text{сущ}}$ – установленная мощность общего освещения вагона при использовании существующих осветительных приборов, кВт, $P_{\text{сущ}}=2,48$ кВт.

Расчет $W_{\text{рек}}$ происходит по формуле 2.3

$$W_{\text{рек}} = P_{\text{рек}} \cdot T \quad (3)$$

где $P_{\text{рек}}$ – установленная мощность общего освещения вагона при использовании рекомендуемых осветительных приборов, кВт, $P_{\text{рек}}=0,971$ кВт.

T - время работы освещения за год, $T=3285$ ч.

Расход электроэнергии при существующих осветительных приборах и рекомендуемых составит:

$$W_{\text{сущ}} = 2,48 \cdot 3285 = 8146,8 \text{ кВт}$$

$$W_{\text{рек}} = 0,971 \cdot 3285 = 3189,7 \text{ кВт}$$

Годовая экономия электроэнергии составит:

$$W_{\text{год}} = 8146,8 - 3189,7 = 4957,1 \text{ кВт}$$

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

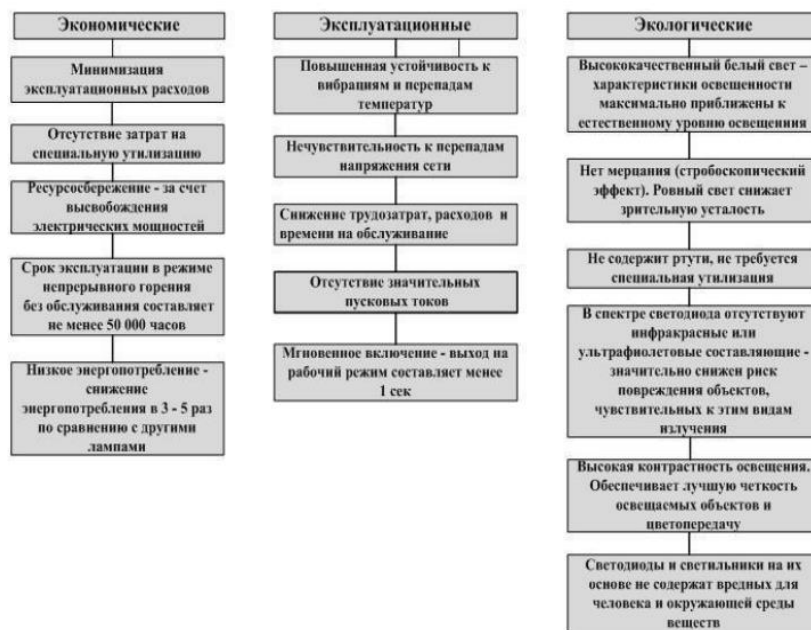


Рисунок 2.2 – Преимущества светодиодного освещения

2.4 Технические особенности светодиодных систем освещения

Светодиодные системы освещения имеют следующие особенности:

- высокий коэффициент полезного действия преобразования электрической энергии в световую;
- мгновенное зажигание при подаче питания;
- отсутствие вредного эффекта низкочастотных пульсаций т.е. стробоскопического эффекта, который наблюдается у люминесцентных и газоразрядных источников света;
- приближены показатели цветовой температуры к естественному белому свету;
- большой гарантийный срок эксплуатации (5 лет и выше);

Немаловажно для осветительных систем и работа осветительных светодиодов в «щадящем» токовом режиме (0,36 А при допустимом токе 1 А).

3 Исследование конструкции, технических особенностей и характеристик световых приборов для внутреннего освещения железнодорожных вагонов

3.1 Производитель исследуемых светильников

GALAD – это два крупнейших российских светотехнических предприятия: Лихославльский завод светотехнических изделий «Светотехника» (рисунок 3.1) и Кадошкинский электротехнический завод (рисунок 3.2), которые наряду с группой компаний «Светосервис» входят в состав холдинга БЛ ГРУПП. Непрерывно работая на протяжении полувека, заводы зарекомендовали себя как производители самой надежной продукции. Марка GALAD – это качество [14].



Рисунок 3.1 – ООО «Лихославльский завод «Светотехника»

					ОП-02069964-12.03.02-12-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Лихославльский завод основан в 1947 году. Располагается в г. Лихославле Тверской области. На заводе размещены все виды производств, которые обеспечивают полный замкнутый цикл изготовления продукции, в том числе собственная аттестованная лаборатория, в которой проводятся светотехнические и электротехнические испытания.



Рисунок 3.2 – АО «Кадошкинский электротехнический завод»

Территория основного производства и складов — почти 29 000 кв.м, а общая площадь территории составляет 15 га.

Отличительными особенностями продукции GALAD являются простота исполнения и надежность в эксплуатации. Заводы придерживаются жестких требований к качеству выпускаемых светильников, а потребительские характеристики продукции соответствуют европейским

стандартам. Все изделия проходят тщательную проверку в аттестованной лаборатории на безопасность, прочность и пригодность для эксплуатации в самых жестких климатических условиях.

Вагонные светильники GALAD используются в российском железнодорожном транспорте на протяжении 50 лет. Ими оснащено более 30 000 вагонов. За это время светильники зарекомендовали себя как надежное решение, которое отвечает самым высоким требованиям потребителей.

3.2 Светильники вагонные ЛВВ04 и ЛВВ05 фирмы GALAD. Технические параметры, преимущества и обслуживание

Светильники встраиваемые ЛВВ04 и ЛВВ05 предназначены для общего и аварийного освещения купе и коридоров в пассажирских вагонах и освещения вспомогательных помещений пассажирских вагонов соответственно (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Внешний вид светильников вагонных. Сверху – ЛВВ04, снизу – ЛВВ05

Технические параметры указанные заводом-изготовителем указаны на рисунке 3.4. На рисунке 3.5 изображены чертежи конструкции светильников ЛВВ04 и ЛВВ05.

Наименование	Артикул	Тип источника света	Кол-во и мощность ламп общего освещения, Вт	Тип источника света аварийного освещения	Номинальная мощность ав. освещения, Вт	Напряжение питающей сети, В	КПД, % (не менее)	Степень защиты	Габаритные размеры (LxBxH), мм	Масса кг, (не более)
ЛВВ04-2x20(1x25)-001	1001331	ЛЛ Т8	2x18	Ж110-25	25	-110	50	IP20	705x275x100	6,00
ЛВВ04-2x20(1x25)-002	1001332	ЛЛ Т8	2x18	Ж54-25	25	-50	50	IP20	705x275x100	6,00
ЛВВ05-2x20(1x25)-001	1001333	ЛЛ Т8	2x18	Ж110-25	25	-110	45	IP51	735x195x95	5,00
ЛВВ05-2x20(1x25)-002	1001334	ЛЛ Т8	2x18	Ж54-25	25	-50	45	IP51	735x195x95	5,00
ЛВВ05-2x20(1x25)-003	1001335	ЛЛ Т8	2x18	Ж110-25	25	-220	45	IP51	735x195x95	5,00

Рисунок 3.4 – Технические параметры вагонных светильников

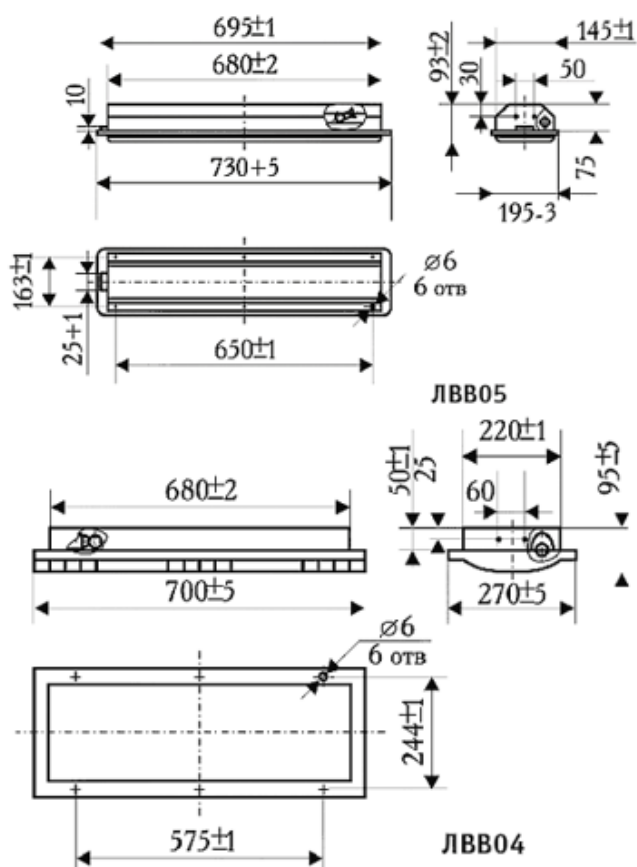


Рисунок 3.5 – Чертежи конструкции светильников ЛВВ04 и ЛВВ05

Модель светового оборудования ЛВВ05 изготовлена специально для монтажа и эксплуатации в вагонах электропоездов. Применяется в качестве основного освещения. Создает равномерный рассеянный световой поток максимально приближенный к дневному. Светотехнические характеристики светильников ЛВВ04 и ЛВВ05 указаны на рисунке 3.6.

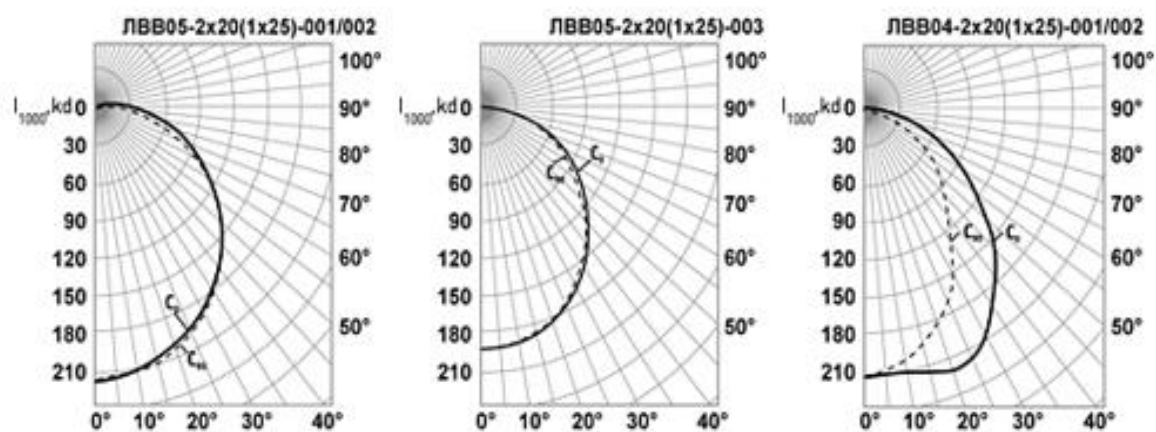


Рисунок 3.6 – Светотехнические характеристики светильников ЛВВ04 и ЛВВ05

Светильники имеют два режима работы – в режиме общего освещения работают 2 люминесцентные лампы мощностью 18 Вт, в режиме аварийного освещения – лампа накаливания мощностью 15 Вт. Комплектуется ЭПРА, встроенным в корпус светильника. Цвет светильников по умолчанию: белый.

В данных световых приборах используются 2 люминесцентные лампы ЛЛ Т8 18 Вт G13. Т8 – означает диаметр трубки в 26 мм. G13 – тип цоколя (рисунок 3.7). Конструктивно цоколь люминесцентной лампы Т8 (Т12) представляет собой два штырька из латуни, впрессованных в держатель из изоляционного материала. Держатель, в свою очередь, находится в металлическом стакане. В стакан клеивается торец ТЛЛ.



Рисунок 3.7 – Внешний вид и конструкция цоколя G13. 1 – токоподводящие штырьки, 2 – держатель, 3 – стакан, 4 – колба лампы.

Длина штырьков составляет 7 мм, расстояние между их центрами – 13 мм. Отсюда и маркировка цоколя – g13 [9]. У нее матовая колба длиной 590 мм. Лампа испускает холодный белый свет и потребляет всего 18 Вт — лампа накаливания с похожими характеристиками потребляла бы 90 Вт (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Лампа люминесцентная T8 G13 18 Вт

В модификациях 001 и 002 – ЛВВ04 и 001,002,003 – ЛВВ05 для аварийного освещения используются Ж110-25 и Ж54-25.

Такие источники производятся в ООО «СЗ Лисма» г.Саранск. «Лисма» - самый крупный производитель источников света на территории России и стран СНГ (рисунок 3.9). Продуктовая линейка включает более 300 наименований, в числе которых светодиодные лампы, натриевые,

металлогалогенные, ртутные, галогенные, накаливания общего и специального назначения [16]. Заявленные производителем технические характеристики ламп накаливания указаны в таблице 3.1.



Рисунок 3.9 – ООО "ССЗ Лисма"

Таблица 3.1 – Характеристики ламп накаливания используемых в светильниках

Тип лампы	Ж110-25	Ж54-25
Мощность, Вт	25	25
Световой поток, Лм	185	270
Срок службы, ч	1000	1000
Тип цоколя	E27, B22d	B22d
Напряжение, В	110	54
Размеры, мм	L=75; D=51	L=75; D=51
Область применения	Подвижные составы железных дорог	Подвижные составы железных дорог

Корпус и экранирующая решётка светильников изготовлены из стального проката, покрытого белой порошковой краской. Отражатель изготовлен из светотехнического алюминия с высоким коэффициентом отражения. Защитное стекло-рассеиватель изготовлено из матового светостабилизированного поликарбоната. Светильник рекомендуется устанавливать в нишу на потолке вагона. Оптический отсек – доступ снизу.

Для замены люминесцентной лампы и доступа к ламподержателю необходимо с помощью отвертки нажать на штифт до упора и повернуть его на 90°. Рассеиватель с рамкой примет вертикальное положение. Это обеспечит свободный доступ к лампе с патроном. Отсек ПРА и отсек лампы накаливания – доступ снизу. Вывернуть два винта, соединяющие панель-отражатель с корпусом. Панель примет вертикальное положение. Это обеспечивает свободный доступ к ЭПРА, клеммной колодке с монтажными проводами и лампам накаливания с патроном.

Преимущества вагонных светильников ЛВВ04 и ЛВВ05:

- антивандальность: ударопрочное защитное стекло или экранирующая решётка, специальные винты, не открываемые обычной отверткой;
- виброустойчивость;
- энергоэффективность: ЭПРА снижает потери мощности;
- гарантия качества: отражатель обработан электрохимической полировкой и анодированием, защищен от окисления и коррозии, а защитное стекло сохраняет коэффициент пропускания с течением времени;
- удобство обслуживания: ЭПРА, патроны люминесцентных ламп и патрон лампы накаливания расположены на съёмной панели-отражателе;
- безопасность: в светильниках ЛВВ04 (с решёткой) лампа накаливания закрыта съёмной крышкой из прозрачного поликарбоната.

3.3 Светильники вагонные ЛВВ01 и ЛВВ03 фирмы GALAD. Технические параметры, преимущества и обслуживание

Светильники встраиваемые ЛВВ01 и ЛВВ03 предназначены для общего и аварийного освещения пассажирских вагонов электропоездов (рисунок 3.10).

Немаловажными являются и защитные характеристики изделия - герметичность соединений корпуса, так как светильник устанавливается в

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

месте с повышенным скоплением пыли. Максимально соответствуют этим требованиям светильники ЛВВ03. В них присутствует цоколь G13, с которым совместимы два вида источников света - светодиоды, трубчатые люминесцентные лампы. В зависимости от предпочтений можно установить более подходящий вариант. Трубчатые люминесцентные лампы стоят несколько дешевле светодиодов, но вторые, в свою очередь, позволяют экономить электроэнергию и отсутствует стробоскопический эффект во время работы. Светодиоды устойчивы к вибрации, не теряют своих первоначальных светотехнических параметров на протяжении всего срока эксплуатации, что особенно важно в электропоездах. Модель ЛВВ03 изготовлена специально для установки в вагоны поезда, высокая степень защиты говорит о надежности изделия и длительной работе [10].



Рисунок 3.10 – Общий вид светильников ЛПВ01 и ЛВВ03 фирмы GALAD

Технические параметры указанные заводом-изготовителем указаны на рисунке 3.11. На рисунке 3.12 изображены чертежи конструкции светильников ЛВВ01 и ЛВВ03. Данные светильники предназначены для

					ОП-02069964-12.03.02-12-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

общего и аварийного освещения вагонов - в режиме общего освещения работают люминесцентные лампы, в режиме аварийного освещения - лампа накаливания мощностью 25 Вт.

Наименование	Артикул	Тип источника света	Номинальная мощность, Вт	Напряжение питающей сети, В	Тип лампы аварийного освещения	Мощность лампы аварийного освещения, Вт	КПД, % (не менее)	Тип кривой силы света (КСС)	Степень защиты	Габаритные размеры ЛxВxН, мм	Масса, кг (не более)
ЛПВ01-40-003	1001323	ЛБ40ЖУ	40	-50	Ж54-25	25	60	косинусная	IP51	1380x173x135	6,5
ЛПВ01-40-004	1001324	ЛБ40ЖУ	40	-110	Ж110-25	25	60	косинусная	IP51	1380x173x135	6,5
ЛПВ01-40-005	1001325	ЛБ40ЖУ	40	~220	Ж110-25	25	60	косинусная	IP51	1380x173x135	6,9
ЛВВ03-2x20-(1x25)-001	1001326	ЛБ20ЖУ	20	-50	Ж54-25	25	60	косинусная	IP51	735x218x118	5
ЛВВ03-2x20-(1x25)-002	1001327	ЛБ20ЖУ	20	-110	Ж110-25	25	60	косинусная	IP51	735x218x118	4,5
ЛВВ03-2x20-004	1001328	ЛБ20ЖУ	20	~220	-	-	60	косинусная	IP51	735x218x118	4,5
ЛВВ03-2x20-(1x25)-004	1001329	ЛБ20ЖУ	20	~220	Ж110-25	25	60	косинусная	IP51	735x218x118	5
ЛВВ03-2x20-005	1001330	ЛБ20ЖУ	20	-24	-	-	60	косинусная	IP51	735x218x118	4,5

Рисунок 3.11 – Технические параметры вагонных светильников ЛПВ01 и ЛВВ03

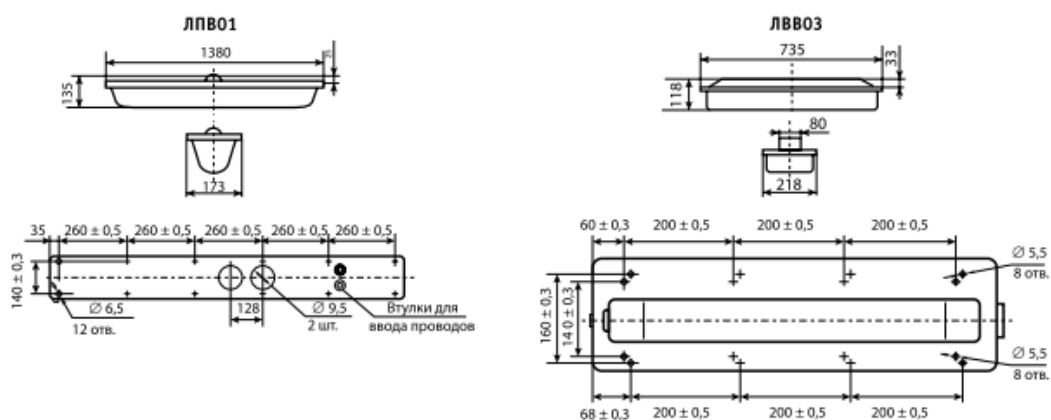


Рисунок 3.12 – Чертежи конструкции светильников ЛПВ01 и ЛВВ03

В данных световых приборах используются 1 люминесцентная лампа ЛБ40ЖУ 36 Вт для ЛПВ01 и 2 люминесцентные лампы ЛБ20ЖУ 18 Вт для ЛВВ02. В режиме аварийного освещения используются лампы накаливания:

Ж54-25, Ж110-25. Светотехнические характеристики изображены на рисунке 3.13.

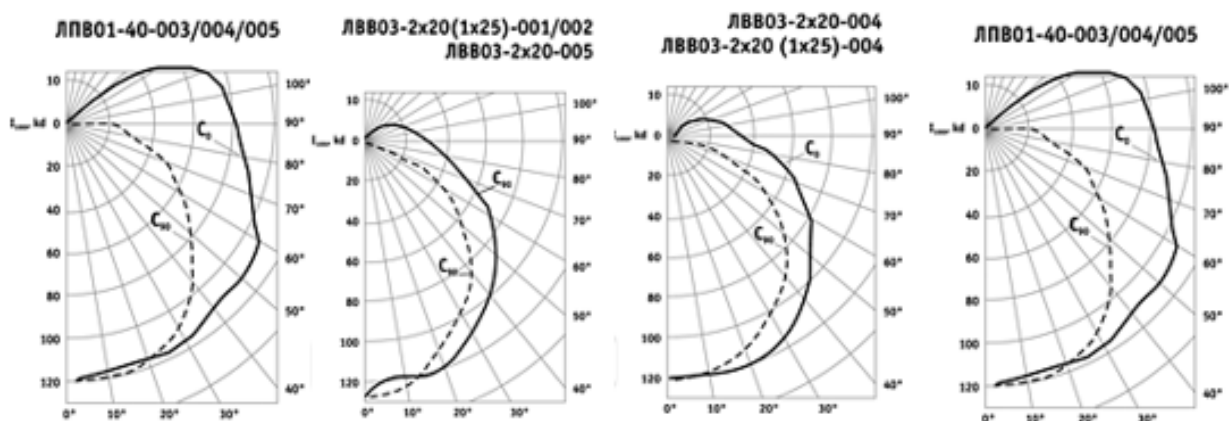


Рисунок 3.13 – Светотехнические характеристики светильников ЛВВ01 и ЛВВ03

4 Разработка виртуального образца светодиодного светильника для внутреннего освещения железнодорожных вагонов

В качестве исследуемого вагонного светильника на базе которого далее разработан 3-D образец, был выбран светильник с пускорегулирующим аппаратом для общего и аварийного освещения вагонов пассажирского парка локомотивной тяги ЛВВ03 (рисунок 4.1).

Светильники рассчитаны для работы в сети постоянного тока напряжением (110 ± 15) В. На рисунке 4.2 изображена электрическая схема светильника.



Рисунок 4.1 – Внешний вид вагонного светильник ЛВВ03

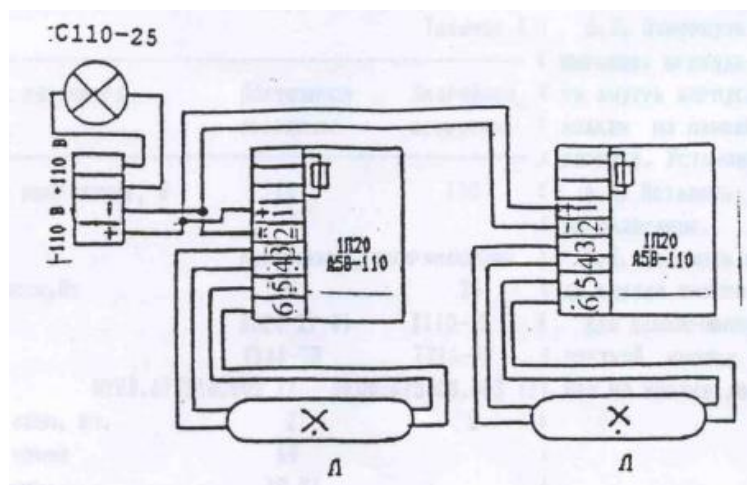


Рисунок 4.2 – Электрическая схема светильника ЛВВ03

4.1 Исследование электрических, световых и калориметрических характеристик экспериментального образца

4.1.1 Устройство и принцип работы гониофотометра

Гониофотометр - фотометр для измерения зависимости фотометрической величины от направления. Гониофотометр используемый в фотометрии для измерения угловых энергетических характеристик источников света (ламп) и световых приборов размером до 2 м, как правило, является уникальным сооружением размером до 10 м, в центр которого помещается исследуемый источник. Измеряющее силу света фотоприёмное устройство гониофотометра часто является системой телецентрического типа размером до 2 м и изготавливается с использованием параболических зеркал и линзовых объективов или стопы пластин с множеством отверстий. В других случаях освещённость измеряют люксметром. Обычно в горизонтальной плоскости вращается исследуемый источник, а в вертикальной-фотоприёмное устройство гониофотометр. Точность отсчёта углов на гониометре - до $0,5^\circ$. Однако гониофотометры предназначенные для

измерений в пределах малых углов (единицы градусов; напр., лазерного излучения), обладают высоким угловым разрешением ($\sim 10'$). На основании снимаемых на гониофотометре индикатрис коэффициента отражения, пропускания, яркости изучаются параметры и характеристики веществ, сред, тел, в частности оптических материалов, аэрозолей и др [3].

В разных конструкциях гониофотометров используются следующие принципы:

– источник света неподвижно крепится к прибору, а вокруг него вращается приемная система с фотоприемником, которая производит снятие показаний;

– источник света вращается вокруг неподвижного фотоприемника;

– источник света и фотоприемник находятся в неподвижном положении, вокруг которых вращается система зеркал. Световой поток, вследствие многократного отражения от зеркал, попадает на фотоприемник и регистрируется.

В настоящее время изготовлено около десятка моделей подобных гониофотометров, отличающихся друг от друга габаритами, разрешающей способностью, различным программным обеспечением и т. д.

Гониофотометры изготавливают в основном зарубежные фирмы, такие как LMT, Techno Team, Optronic, Lisun Group, Pro-Lite и другие, т.е. те фирмы, которые уже давно занимаются изготовлением различных приборов и устройств, эффективно используемые в фотометрических исследованиях.

Измерение распределения силы света на гониофотометре проводят в помещении, стены и потолок которого имеют глубокоматовое черное покрытие. Дополнительно следует использовать экраны, диафрагмы и тубусы в качестве средств защиты от засветки отражающих поверхностей помещения. Измерения световых характеристик проводят после их стабилизации.

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

Гониофотометр должен иметь приспособления для крепления осветительных приборов различной конструкции.

В качестве базового принимают рабочее положение, при котором с центром вращения гониофотометрической системы совмещен фотометрический центр осветительного прибора, а с ее полярной осью (линией пересечения полуплоскостей фотометрирования) совмещена оптическая (в системе С, γ), продольная (в системе В, β) или поперечная (в системе А, α) ось осветительного прибора.

Положение фотометрического центра осветительного прибора определяют в зависимости от его оптической схемы. В отдельных случаях указанное положение должно быть определено изготовителем.

Узел крепления в гониофотометре должен обеспечивать положение осветительного прибора, в котором он должен работать в реальных условиях эксплуатации.

Центр приемной поверхности фотометрической головки должен находиться на прямой, проходящей через фотометрический центр гониофотометра, а ее плоскость должна быть перпендикулярна к этой прямой. При наличии в гониофотометре зеркал данная прямая представляет собой ломаную, проходящую через центры этих зеркал. Размер зеркал должен быть таким, чтобы изображение светящей части осветительного прибора, видимое из центра приемной поверхности фотометрической головки по любому направлению фотометрирования, не выходило за пределы зеркал.

Расстояние фотометрирования, определяемое расстоянием от фотометрического центра гониофотометра до центра приемной поверхности фотометрической головки (с учетом отражения от зеркал, при их наличии), должно быть таким, при котором его отношение к максимальному размеру светящей поверхности светильника составляет не менее:

- десяти – для осветительных приборов с концентрированной кривой силы света;
- семи – для осветительных приборов с глубокой кривой силы света;
- пяти – для осветительных приборов с кривой силы света всех остальных типов.

4.1.2 Исследование электрических и световых характеристик экспериментального образца вагонного светильника

В качестве экспериментального образца был выбран светильник вагонный ЛВВ03 фирмы Galad. Для измерений параметров был использован гониофотометр GO-2000 фирмы Everfine, он представлен на рисунке 4.3.



Рисунок 4.3 – Гониофотометр GO-2000

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

Измерения электрических параметров светильника ЛВВ03 фирмы GALAD для проверки заявленных параметров. Результаты измерений представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты измерений

Хар-ки СП	ЛВВ03
U, В	220,0
P, Вт	20,0
Φ _л , лм	1219
η, лм/Вт	60

На рисунке 4.4 представлена кривая силы света (КСС) исследуемого светового прибора.

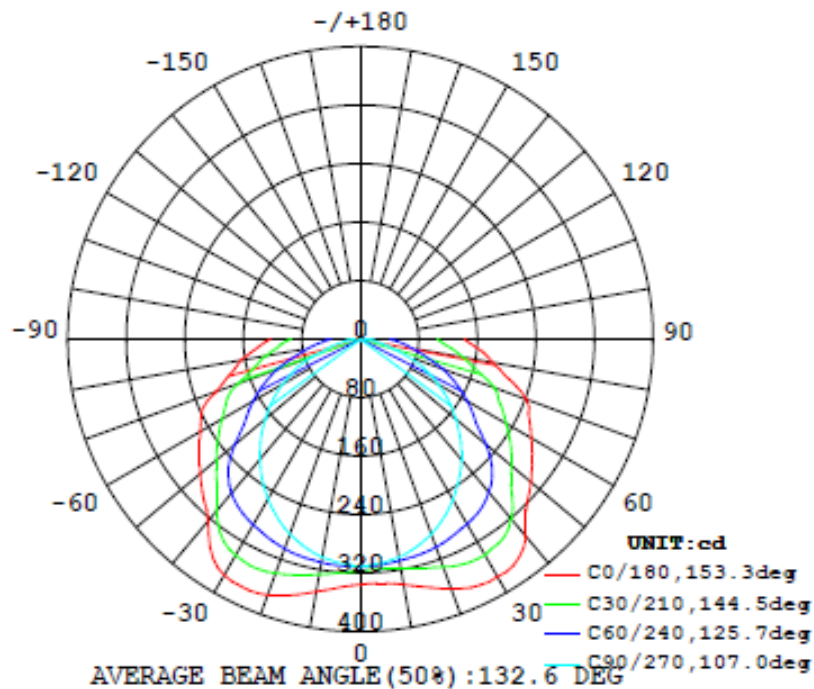


Рисунок 4.4 – КСС светильника ЛВВ03

4.1.3 Исследование характеристик экспериментального образца вагонного светильника на спектрорадиометре

Спектрорадиометр представляет собой спектральный прибор, предназначенный для измерения фотометрических характеристик (поток, освещенность, сила света, яркость и т.п.) источников оптического излучения.

Конструктивно в общем он похож на спектрофотометр, однако обладает специальными дополнительными источниками света, которые позволяют проводить сравнение исследуемого потока с потоком от референтного источника (фотометрирование). Данный источник может быть, как встроен в прибор, так и располагаться вне его.

Для большинства современных спектрорадиометров доступно проведение всех видов спектрорадиометрических измерений, в том числе:

- фотометрических;
- цветометрических;
- радиометрических.

Посредством использования ПО проводятся последующая обработка и определяются цветовые координаты, индекс цветопередачи, цветовая температура.

Как правило, вкупе со спектрорадиометрами используют источники света и универсальные измерительные системы в целях проведения таких спектрофотометрических измерений, как отражающая способность и светосила. [20].

В данном эксперименте был использован спектрорадиометр Specbos 1211, он представлен на рисунке 4.5. Это миниатюрный и быстрый широкополосный спектрорадиометр, охватывающий диапазон длин волн от VIS (UV) до NIR .

					ОП-02069964-12.03.02-12-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54



Рисунок 4.5 – Спектрорадиометр Specbos 1211

4.1.4 Исследование колориметрических характеристик светильников

С помощью спектрорадиометра Specbos 1211 были сняты спектр и диаграмма цветности светильника ЛВВ03 так же измерены цветовая температура и индекс цветопередачи. Цветовая температура (ЦТ) – это характеристика интенсивности излучения источника света. Физически представляет собой функцию длины волны в оптическом диапазоне. Индекс цветопередачи – параметр, который характеризует соответствие естественного цвета тела кажущемуся при освещении.

Значение цветовой температуры 6457 К, индекс цветопередачи равен 68,82.

Спектр светильника и диаграмма цветности ЛВВ03 с лампой ЛБ20ЖУ представлены на рисунке 4.6.

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ОП-02069964-12.03.02-12-20				

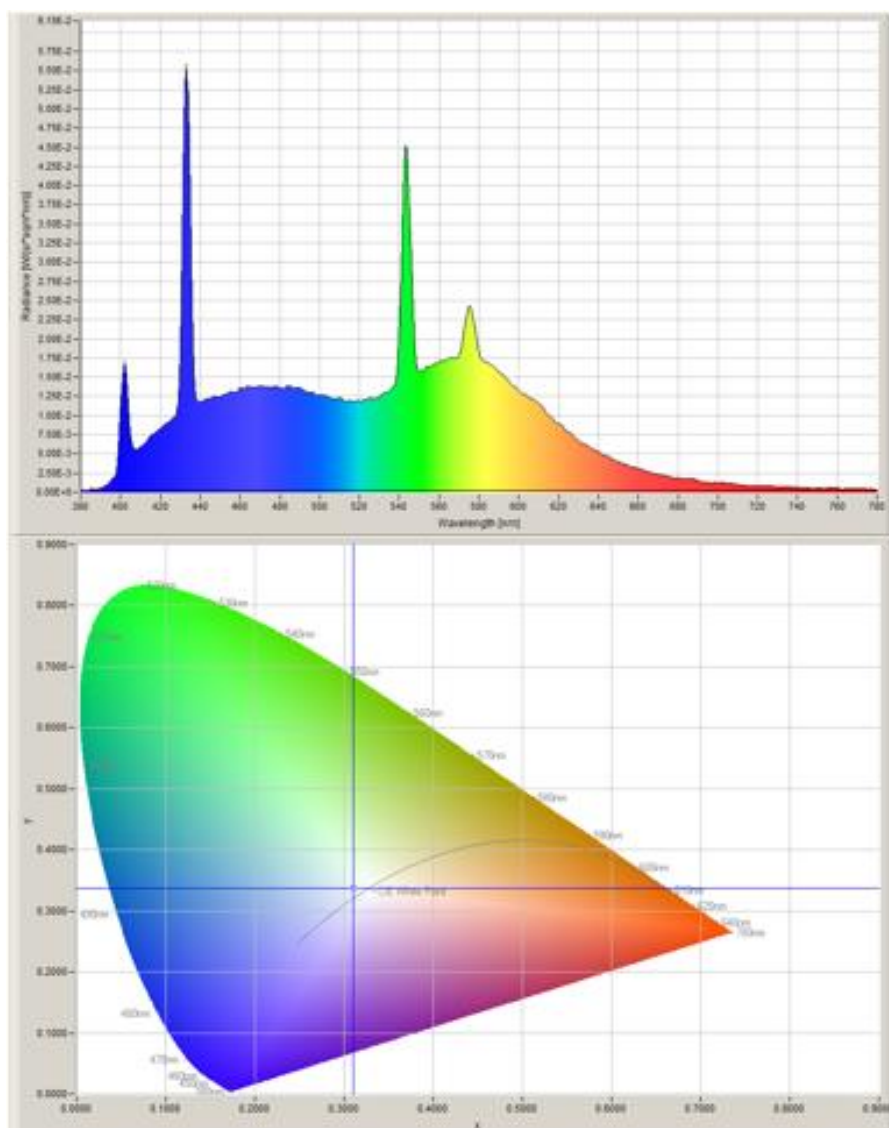


Рисунок 4.6 – Спектр и диаграмма цветности светильника ЛВВ03

4.2 Анализ и подбор комплектующих

Исходные данные для проектирования светового прибора приведены в таблице 4.2. Дальнейший подбор комплектующих виртуального образца вагонного светодиодного светильника прибора состоит в следующем:

- выбор светодиодов;
- выбор драйвера.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ОП-02069964-12.03.02-12-20

Лист

56

Таблица 4.2 – Исходные данные виртуальной модели светодиодного светильника для внутреннего освещения вагонов

Область применения	КСС	Степень защиты	Коэффициент пропускания защитного стекла	Размеры, мм	Ra	ССТ, К	Световой поток, лм
Внутреннее освещение вагонов	Д	IP51	0,63	735x218x118	80	3750	1600

Выбор светодиодов. Выбран светодиод XLamp XP-E2 Code Q2 фирмы Cree. Описание и технические характеристики данного светодиода представлены на рисунке 4.7, 4.8.

Cree® XLamp® XP-E2 LEDs



PRODUCT DESCRIPTION

The XLamp® XP-E2 LED builds on the unprecedented performance of the original XP-E by increasing lumen output up to 20% while providing a single die LED point source for precise optical control. The XP-E2 LED shares the same footprint as the original XP-E, providing a seamless upgrade path to more lumens and/or greater efficiency while shortening the design cycle for existing XP customers.

XLamp XP-E2 LEDs are the ideal choice for lighting applications where high light output and maximum efficacy are required, such as LED retrofit lamps, outdoor, portable, indoor directional, emergency vehicle or architectural.

FEATURES

- Available in white, outdoor white, 80-CRI, 85-CRI, 90-CRI white, royal blue, blue, green, PC amber, amber, red-orange, red, photo red & far red
- ANSI-compatible chromaticity bins
- White binned at 85 °C
- Maximum drive current: 1 A
- Low thermal resistance: as low as 5 °C/W
- Wide viewing angle: 110°-140°
- Unlimited floor life at ≤ 30 °C/85% RH
- Reflow solderable - JEDEC J-STD-020C compatible
- Electrically neutral thermal path
- RoHS and REACH compliant
- UL® recognized component (E349212)

Рисунок 4.7 – Описание светодиода XLamp XP-E2

Size	3.45 x 3.45 mm
Product Options	White Color
Maximum Drive Current	1 A
Max Power (W)	3 W
Max Light Output (lm)	203 lm
Maximum Efficacy at Binning Conditions (lm/W)	137 lm/W
Typical Forward Voltage	2.9 V White @ 350 mA
Maximum Reverse Voltage	5 V
Viewing Angle	110
Maximum Junction Temperature	150 °C
Binning	85°C ANSI
Maximum ESD Withstand Voltage	8000 V (HBM per Mil-Std-883D)
ESD Classification	Class 2(HBM per Mil-Std-883D)
Reflow Solderable	Yes - JEDEC J-STD-020C-compatible
RoHS-Compliant	Yes
REACH-Compliant	Yes
UL-Recognized	Yes - Level 4 Enclosure Consideration

Рисунок 4.8 – Характеристики выбранного светодиода

На рисунке 4.9 приведены цветовые характеристики светодиода.

Chromaticity		Minimum Luminous Flux @ 350 mA			Calculated Minimum Luminous Flux (lm)** @ 85 °C**		Order Codes					
Kit	CCT	Code	Flux (lm) @ 85 °C	Flux (lm) @ 25 °C*	700 mA	1.0 A	70 CRI Typical	80 CRI Typical	80 CRI Minimum	85 CRI Minimum	90 CRI Minimum	
F6	3750 K	R3	122	142	209	266	XPEBWT-01-0000-00FF6					
		R2	114	132	195	249	XPEBWT-01-0000-00EF6	XPEBWT-L1-0000-00EF6				
		Q5	107	124	183	233	XPEBWT-01-0000-00DF6	XPEBWT-L1-0000-00DF6	XPEBWT-H1-0000-00DF6			
		Q4	100	116	171	218		XPEBWT-L1-0000-00CF6	XPEBWT-H1-0000-00CF6			
		Q3	93.9	109	161	205		XPEBWT-L1-0000-00BF6	XPEBWT-H1-0000-00BF6			
		Q2	87.4	102	150	191		XPEBWT-L1-0000-00AF6	XPEBWT-H1-0000-00AF6			

Рисунок 4.9 – Цветовые характеристики XLamp XP-E2

В соответствии с требованиями ССТ по рисунку 4.9 определил бин светодиода – Q2 [87.4] с рабочим током 350 мА и температурой кристалла 85 °С. На рисунке 4.10 представлены характеристики светодиода в зависимости от силы тока.

					ОП-02069964-12.03.02-12-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

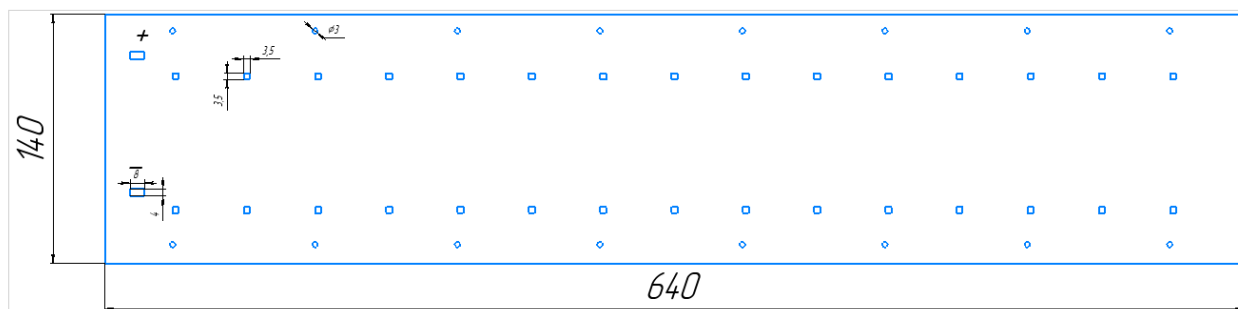


Рисунок 4.12 – Физическая схема модуля

Для последовательного соединения $I_{out} = Const = 350$ мА, выходное напряжение определяется по формуле:

$$U_{out} = U_{сд1} * n_{сд} \quad (4.1)$$

$$U_{out} = 30 * 2,9 = 87 \text{ В} \quad (4.2)$$

Выбрал драйвер Driver LCAI 35W 350mA–900mA ECO C flat производителя TRIDONIC (рисунок 4.13). Технические характеристики драйвера представлены на рисунке 4.14. Диапазон выходного напряжения для выбранного тока 350 мА составляет 40–90 В.

Product description

- Dimmable built-in LED Driver
- Constant current LED Driver
- Dimming range 1 to 100 %
- Output current adjustable between 350 – 900 mA
- Max. output power 35 W
- Nominal life-time up to 100,000 h
- 5-year guarantee

Housing properties

- Compact low-profile dimensions
- Casing: polycarbonate, white
- Type of protection IP20

Interfaces

- DALI Device Type 6
- DSI
- switchDIM (with memory function)
- corridorFUNCTION

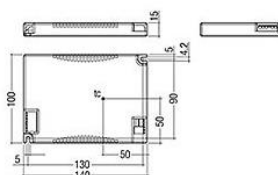


Рисунок 4.13 – Описание выбранного драйвера

Technical data	
Rated supply voltage	220 – 240 V
AC voltage range	198 – 264 V
DC voltage range	170 – 280 V
Mains frequency	0 / 50 / 60 Hz
Overvoltage protection	320 V AC, 48 h
Typ. current (at 230 V, 50 Hz, full load) ^① ②	153 – 185 mA
Typ. current (220 V, 0 Hz, full load, 15 % dimming level) ^②	32 – 35 mA
Leakage current (PE)	< 0.22 mA
Max. input power	42.5 W
Typ. efficiency (at 230 V / 50 Hz / full load) ^②	86 – 89 %
λ (at 230 V, 50 Hz, full load) ^①	* 0.98
Typ. power input on stand-by ^②	75 – 100 mW
THD (at 230 V, 50 Hz, full load)	< 4.4 %
Starting time (at 230 V, 50 Hz, full load, acc. to DALI)	< 0.6 s
Starting time (DC mode)	< 0.2 s
Switchover time (AC/DC) ^②	< 0.2 s
Turn off time (at 230 V, 50 Hz, full load)	< 20 ms
Hold on time (at 230 V, 50 Hz, full load) ^②	< 14 ms
Output current tolerance ^① ②	± 5 %
Output LF current ripple (< 120 Hz)	< 2 %
Max. peak output current	* output current + 20 %
PWM frequency ^②	500 Hz
Dimming range	1 – 100 %
Max. output voltage	120 V
Burst / surge peaks output side against PE	1.2 kV
Type of protection	IP20
Life-time	up to 100,000 h
Dimensions L x W x H	140 x 100 x 15 mm

Рисунок 4.14 – Технические характеристики драйвера

На рисунке 4.15 представлены конкретные технические характеристики драйвера.

Specific technical data									
Type	Output current ^②	Min. forward voltage	Max. forward voltage ^②	Max. output power ^②	Typ. power consumption (at 230 V, 50 Hz, full load)	Typ. current consumption (at 230 V, 50 Hz, full load)	Max. casing temperature Tc	Ambient temperature Ta max.	I-SELECT resistor value
	350 mA	40 V	90 V	31.5 W	34.7 W	153 mA	90 °C	-25 ... +60 °C	open

Рисунок 4.15 – Конкретные технические характеристики драйвера

На рисунке 4.16 представлена схема подключения драйвера.

Circuit diagram

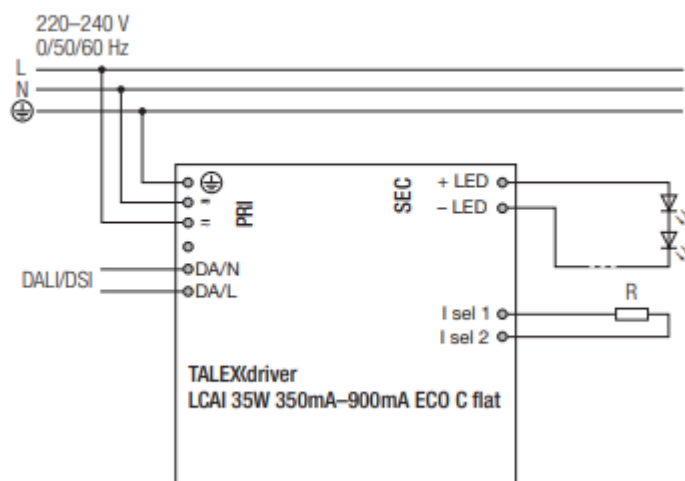


Рисунок 4.16 – Подключение драйвера

Данный драйвер подходит для систем аварийного освещения. Он имеет возможность автоматического определения работы от источника постоянного тока. Соответственно драйвер снижает значение светового потока до предварительно запрограммированного уровня от 1% до 100%. По умолчанию – 15%.

4.3 Разработка модели виртуального образца светодиодного светильника для внутреннего освещения вагонов

4.3.1 Трехмерное проектирование в программе Компас-3D

Компьютерная графика - это область информатики, изучающая методы и средства создания и обработки изображения с помощью аппаратных средств. Компьютерная графика делится на направления: двумерная, веб-дизайн, мультимедиа, 3D графика, компьютерная анимация, САПР, деловая графика.

3D графика (трехмерная графика) - это особый вид компьютерной графики - комплекс методов и инструментов, применяемых для создания изображений трехмерных объектов. Получаемая модель может быть объектом из реальной действительности, например модель дома, автомобиля, кометы, и так далее. Процесс построения такой трехмерной модели получил название 3d моделирования и направлен, прежде всего, на создание визуального объемного образа моделируемого объекта.

КОМПАС-3D — система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий, благодаря сочетанию простоты освоения и легкости работы с мощными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования [7].

Программы данного семейства автоматически генерируют ассоциативные виды трёхмерных моделей (в том числе разрезы, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с разрывом). Все они ассоциированы с моделью: изменения в модели приводят к изменению изображения на чертеже.

Стандартные виды автоматически строятся в проекционной связи. Данные в основной надписи чертежа (обозначение, наименование, масса) синхронизируются с данными из трёхмерной модели. Имеется возможность связи трёхмерных моделей и чертежей со спецификациями, то есть при «надлежащем» проектировании спецификация может быть получена автоматически; кроме того, изменения в чертеже или модели будут передаваться в спецификацию, и наоборот.

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.

					ОП-02069964-12.03.02-12-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства. [6].

Создание 3D-модели. Корпус светильника изображен на рисунке 4.17.

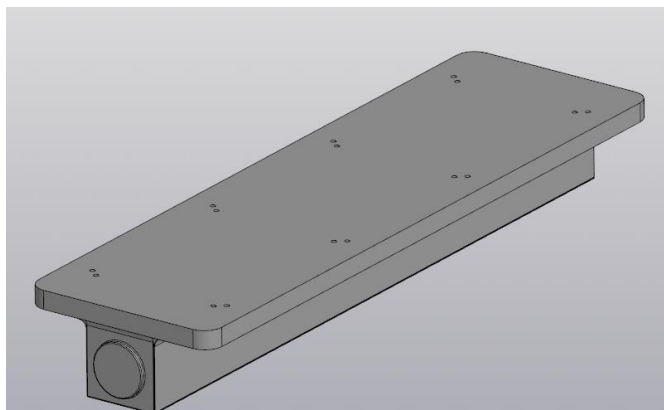


Рисунок 4.17 – Общий вид 3D-модели корпуса светильника

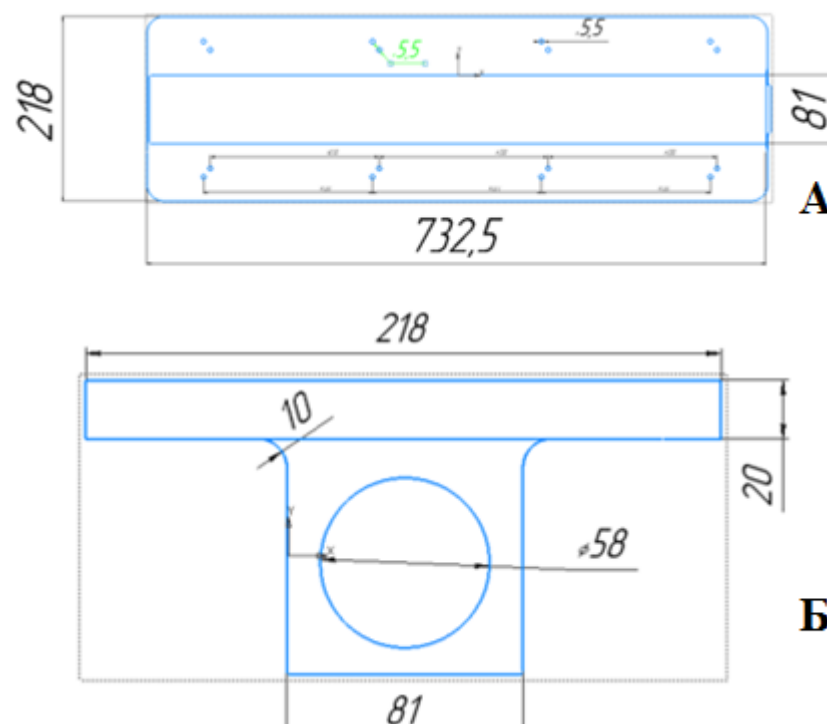


Рисунок 4.18 – Схема чертежа корпуса светильника. А – вид снизу, Б – вид сбоку

Общий вид светодиодного модуля светильника изображен на рисунке 4.19.

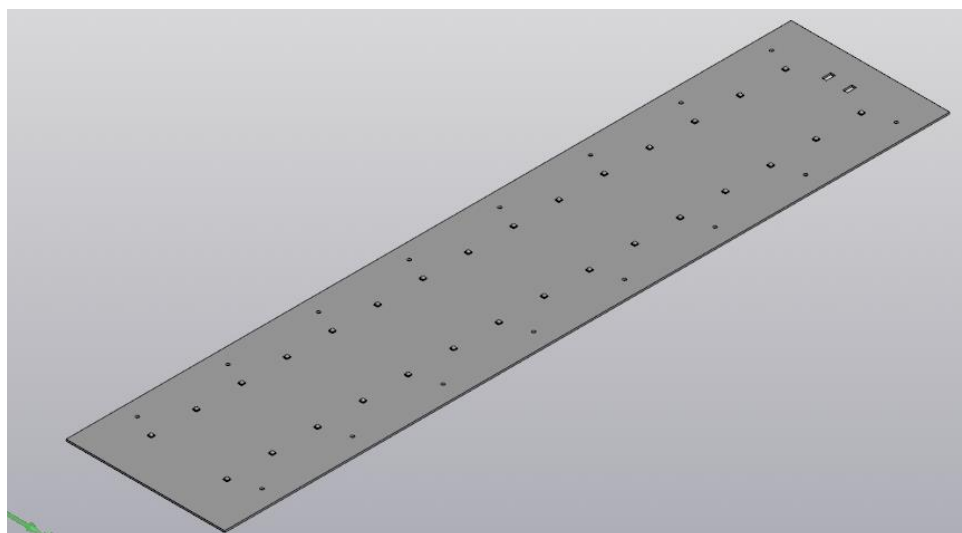


Рисунок 4.19 – Общий вид 3D-модели светодиодного модуля светильника

Установка светодиодного модуля светильника на корпус изображена на рисунке 4.20.

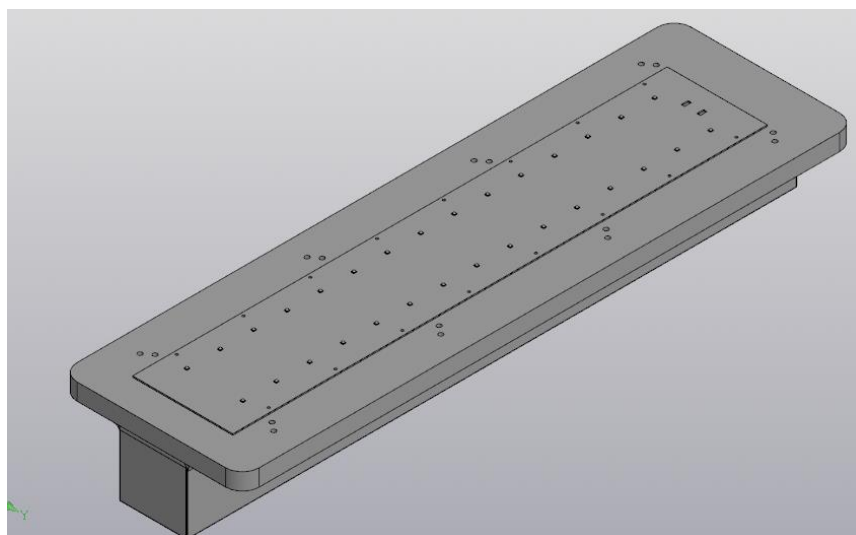


Рисунок 4.20 – Общий вид 3D-модели светодиодного модуля и корпуса светильника

На рисунке 4.21 изображен общий вид 3D-модели образца светодиодного светильника для внутреннего освещения железнодорожных вагонов.

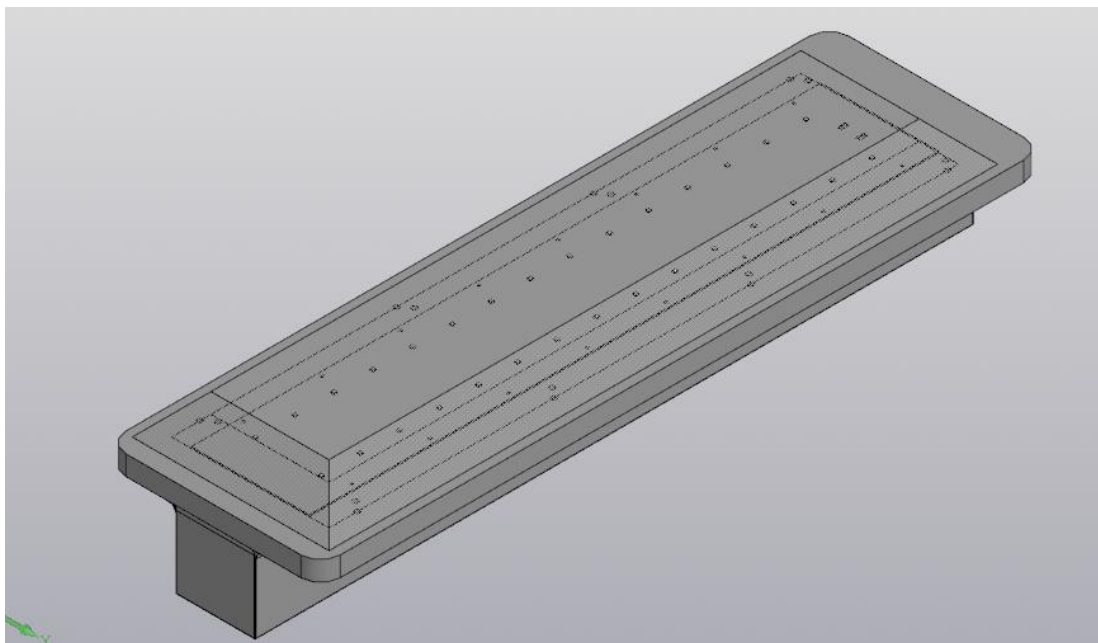


Рисунок 4.21 – Общий вид 3D-модели вагонного светодиодного светильника

4.4 Моделирование характеристик виртуального образца в программе DiaLux

DIALux – программа для планирования и дизайна освещения, разрабатываемая с 1994 года DIAL GmbH – Немецким Институтом Прикладной Светотехники. Она распространяется бесплатно и может использовать данные светильников любых изготовителей. DIALux – одна из самых эффективных программ для расчета освещения на рынке программного обеспечения. Она учитывает все современные требования к дизайну и расчету освещения. «Диалюкс» поддерживает международные и национальные стандарты европейских стран [19].

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

Помещение 1 / Ведомость светильников

1 шт.

№ изделия:
Световой поток (Светильник): 1600 lm
Световой поток (Лампы): 2540 lm
Мощность светильников: 35.0 W
Классификация светильников по CIE: 100
CIE Flux Code: 48 79 95 100 63
Комплектация: 1 x XLamp XP-E2 (Поправочный коэффициент 1.000).

Изображение светильников дается в фирменном каталоге.

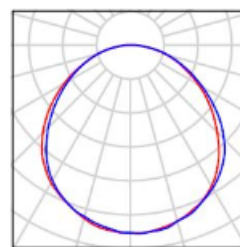


Рисунок 4.22 – Ведомость полученного образца вагонного светодиодного светильника в программе DIALux

На рисунке 4.23 представлен вид полученного образца вагонного светодиодного светильника в программе DIALux.

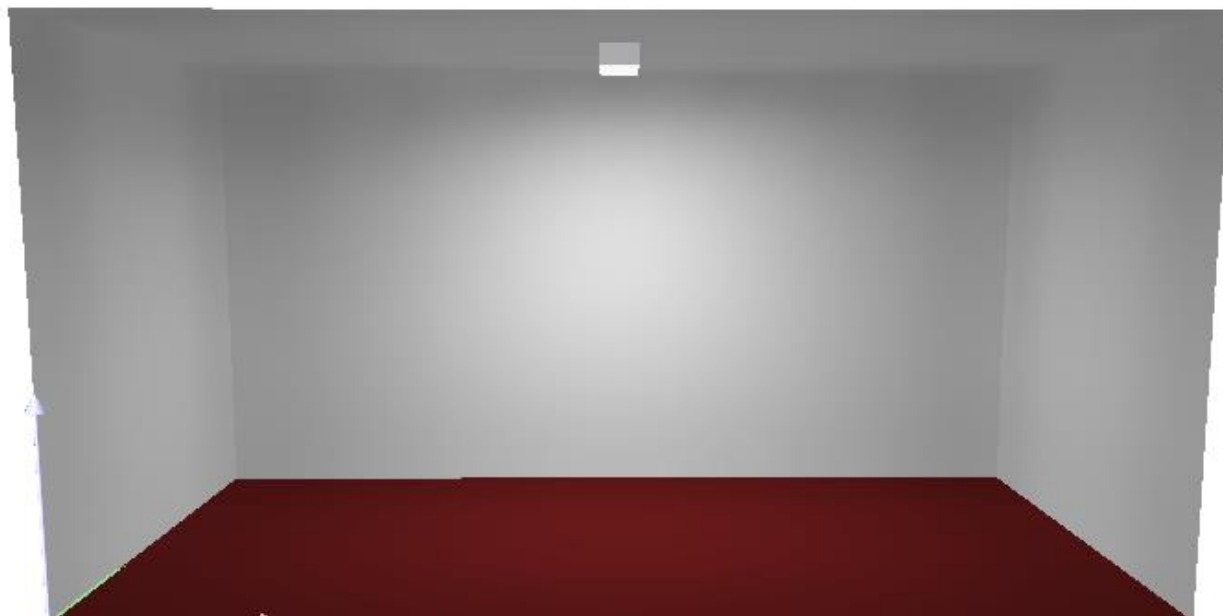


Рисунок 4.23 – Общий вид образца вагонного светодиодного светильника в программе DIALux.

									Лист
									67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ОП-02069964-12.03.02-12-20				

В ходе выполнения бакалаврской работы был разработан виртуальный образец вагонного светодиодного светильника на основе светодиодов со световым потоком 1600 лм, мощностью 35 Вт и световой отдачей 45,7 лм/Вт.

В качестве источника света используется светодиод компании Cree XLamp XP-E2 Code Q2 с рабочим током 350 мА и цветовой температурой 3750К в количестве 30 штук. Источник питания – драйвер Driver LCAI 35W 350mA–900mA ECO S flat производителя TRIDONIC.

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для освещения железнодорожных вагонов необходимо тщательно подбирать системы освещения. Требования к осветительным приборам заключаются в качественном изготовлении корпуса и рассеивателя светильника, в использовании энергоэффективных источников света и источников питания.

Системы внутреннего освещения железнодорожных вагонов предназначены для работы в следующих режимах:

- общее освещение;
- дежурное освещение;
- местное освещение;
- аварийное освещение.

Требования к освещению вагонов излагаются в СП 2.5.1198-03 «Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте».

Для внутреннего освещения вагонов существуют множество типов светильников с различными источниками света и модификациями. Техническими особенностями таких приборов являются виброустойчивость и наличие ЭПРА для общего, дежурного и аварийного освещения. Данные ЭПРА предназначены для обеспечения питания ламп и настройки режимов работы в разных режимах.

Основной задачей бакалаврской работы заключалась в разработке виртуального образца светодиодного светильника для освещения железнодорожных вагонов.

На основе светильника ЛВВ03 фирмы GALAD предназначенного для общего и аварийного освещения пассажирских вагонов был создан виртуальный проект светодиодного светильника. Предварительно были сняты световые и электрические параметры прибора.

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		69

Результатом бакалаврской работы являются изготовленный виртуальный проект светодиодного светильника для освещения железнодорожных вагонов. Светильник оснащен 30 светодиодами XLamp XR-E2 Code Q2 с рабочим током 350 мА и цветовой температурой 3750К и встроенным источником питания Driver LCAI 35W 350mA–900mA ECO C flat производителя TRIDONIC.

Создание 3D модели светодиодного светильника для освещения железнодорожных вагонов в 3D проводилось с помощью системы автоматизированного проектирования «КОМПАС–3D». Расчет световых параметров полученного образца светодиодного светильника для освещения железнодорожных вагонов производилось в программе «DIALux».

Результаты работы актуальны, и могут быть использованы для разработки модификаций для данного вагонного светильника.

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		70

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Аварийное освещение [Электронный ресурс]: Информационный портал Орбита-Союз [сайт центра информационных технологий и систем безопасности – Режим доступа: <https://os-info.ru/opoveschenie/avarijnoe-osveshhenie.html>]. – Загл. с экрана.

2 Билль Н.С. Перспективы развития устройств освещения пассажирских вагонов / Зубарев М.В., Мамедов Г.М.; статья в сборнике трудов конференции 2014. – 100 с.

3 Гониофотометр [Электронный ресурс]: (с изм. и доп.) // Фемто: [энциклопедия физики и химии]. – Режим доступа: http://www.femto.com.ua/articles/part_1/0838.html. – Загл. с экрана.

4 Дудин Е.Б. Светоизлучающие диоды. Революция в технологии освещения // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов. – 2007. – №6. – с. 99- 106.

5 Зорохович А.Е. Ремонт электрооборудования пассажирских вагонов / А. Е. Зорохович, А. З. Либман. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: 1987 – 288 с.

6 Компас (САПР) [Электронный ресурс]: Википедия – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Компас_\(САПР\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Компас_(САПР)). – Загл. с экрана.

7 Компас 3D [Электронный ресурс]: (с изм. и доп.) // АСКОН: [сайт компании систем проектирования]. – [2020] – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/about/>. – Загл. с экрана.

8 Костин А.Д. Светодиодное освещение железнодорожного транспорта // Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сборник статей по материалам международной студенческой научно-практической конференции. – 2017. – № 2(49).

9 Лампа Эксперт [Электронный ресурс]: Lamraexpert. Виды люминесцентных ламп с цоколем G13 и их характеристики – Режим доступа:

<https://lampaexpert.ru/vidy-i-tipy-lamp/lyuminesstsentnaya/s-tsokolem-g13-i-ikh-kharakteristiki>. – Загл. с экрана.

10 ЛВВ03 Светильник вагонный [Электронный ресурс]: СТК-СВЕТ [сайт поставщика светотехники и стальных опор] – [Мск.,2019] – Режим доступа: <https://stk-svet.ru/products/galad/lvv03.html/>. – Загл. с экрана.

11 Мальков С.В. Тенденции развития светодиодов // Студенческий: электрон. научн. журн. – 2017. – № 18(18). – Загл. с экрана.

12 Моргунов Д.Н., Васильев С.И., Исследование спектральных характеристик электрических источников света// Вестник аграрной науки Дона. – 2017 – №2(38) - с.5-7.

13 Моторвагонный подвижной состав [Электронный ресурс]: Википедия – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Моторвагонный_подвижной_состав. - Загл. с экрана.

14 Наши заводы [Электронный ресурс]: (с изм. и доп.) // Боос лайтинг групп: [сайт международной светотехнической корпорации]. – [М., 2019]. – Режим доступа: <https://www.bl-g.ru/about/fabrics/>. – Загл. с экрана.

15 Нормы освещенности и стандарты СП 52.13330.2011, СНИП 23-05-95 [Электронный ресурс]: Модерн ЛЭД [сайт компании энергосберегающих технологий]. [Спб., 2020] – Режим доступа: <https://modern-led.ru/stati/29-normy-osveshchennosti>. – Загл. с экрана.

16 О предприятии «ССЗ Лисма» [Электронный ресурс]: Лисма: [сайт светотехнической компании]. – [Саранск, 2020] – Режим доступа: <https://lisma.su/o-nas.html>. – Загл. с экрана.

17 Организация сотрудничества железных дорог (ОСЖД) [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://osjd.org/>. – Загл. с экрана.

18 Перспективы развития светодиодных технологий [Электронный ресурс]: Технологии производства визуальной рекламы [сайт информационно объединённой редакции портала и журнала «Наружка»] –

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
						72
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Режим доступа: <http://www.signbusiness.ru/publications/products/4097-perspektivy-razvitiya-svetodiodnyh-tehnologii.php/>. – Загл. с экрана.

19 Программа DIALux против ручных методов расчета освещения [Электронный ресурс]: МДМ-Лайт [сайт светотехнической компании]. – [Мск., 2020] – Режим доступа: <https://www.mdm-light.ru/publications/articles/768>. – Загл. с экрана.

20 Сайт компании ПрофиСэйлс [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://ate-m.by/wiki/term/spektroradiometr/>- Загл. с экрана.

21 Светильники для вагонов поездов [Электронный ресурс]: (с изм. и доп.) // Электро-Петербург: [сайт светотехнической компании]. – [Спб., 2020]. – Режим доступа: <https://epra.ru/news/svetilniki-dlya-vagonov-poezdov/>. – Загл. с экрана.

22 Светодиод [Электронный ресурс]: Led22: [Перевод, дополнение и адаптация статьи] - Режим доступа: <http://led22.ru/ledstat/led/led.html>, свободный. – Загл. с экрана.

23 Светодиод [Электронный ресурс]: Википедия – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиод>. – Загл. с экрана.

24 Система освещения вагона [Электронный ресурс]: Студопедия – Режим доступа: <https://studopedia.org/2-133609.html>. – Загл. с экрана.

25 СП 2.5.1198-03. Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. – введ 04.03.2003. – Мин.здрав. РФ. – 2003.

26 Средства защиты и организация рабочих мест осветительные установки [Электронный ресурс]: Охрана труда и БЖД – Режим доступа: http://ohrana-bgd.narod.ru/jdtrans/jdtrans2_028.html. – Загл. с экрана.

27 Схемы электроснабжения пассажирских вагонов [Электронный ресурс]: Схемы электроснабжения вагонов – Режим доступа: https://studref.com/508653/tehnika/shemy_elektrosnabzheniya_vagonov. – Загл. с экрана.

					<i>ОП-02069964-12.03.02-12-20</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		73

28 ЭПРА для транспорта вагонов [Электронный ресурс]: (с изм. и доп.) // ЭЛиПС-О: [сайт светотехнической компании]. – [М., 2020]. – Режим доступа: http://www.elips-o.ru/catalog/electronic_ballasts/epra_dlya_transporta/. – Загл. с экрана.

					ОП-02069964-12.03.02-12-20	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74