

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники  
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»  
(наименование кафедры)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение  
(направленность (профиль)/специализация)

## БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Проектирование искусственного освещения улично-дорожной сети населенного пункта Республики Крым

Студент	<u>А.Н. Шкляев</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>Д.Л. Спиридонов</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.В. Кириллова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)

### Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2019

## АННОТАЦИЯ

В данной квалификационной работе: «Проектирование искусственного освещения улично-дорожной сети населенного пункта Республики Крым». Выпускная работа состоит из пояснительной записки на 49 страниц, введения, включая 13 рисунков и 2 таблицы, восьми глав, списка из 30 источников литературы, в том числе 5 источников на иностранном языке и графической части на 6 листах формата А1.

Ключевым вопросом дипломной работы является проектирование освещения на участке дороги 35 ОП РЗ 35К-023 Восточный объезд г. Симферополя, протяженностью 1,6 км. Мы затрагиваем проблему освещения дорожного полотна со средним показателем освещенности не менее 20 люкс, а также проблему электроснабжения осветительных установок в стесненных условиях города.

Целью работы является разработка проектно-исследовательских работ для обеспечения автомобильных дорог Республики Крым системами искусственного освещения для безопасного и комфортного движения на примере автомагистрали 35 ОП РЗ 35К-023.

В конце исследования мы представляем работу об успешном зарубежном опыте освещения целых городов и автомобильных дорог светодиодными светильниками, использование которых позволило существенно сэкономить на электроэнергии, а также значительно улучшить энергоэффективность.

Подводя итоги, мы бы хотели подчеркнуть, что данная работа актуальна не только в решении проблемы благоустройства автомобильных дорог Республики Крым, а также подобные технологические и конструктивные решения могут быть применены для освещения и реконструкций освещения на всех дорогах Российской Федерации.

## ABSTRACT

The title of the graduation work is «Design of artificial lighting of the road network in the settlement of the Republic of Crimea».

The senior paper consists of an explanatory note on 49 pages, introduction, including 13 figures, 2 tables, eight parts, list of 30 references including 5 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The key issue of the thesis is the design of lighting on the road section 35 OP RZ 35K-023 Eastern bypass of Simferopol, 1.6 km long. We touch upon the problem of road lighting with an average luminosity of at least 20 lux, as well as the problem of power supply of lighting installations in the cramped conditions of the city.

The aim of the work is to give some information about the development of design and survey works to provide the roads of the Republic of Crimea with artificial lighting systems for safe and comfortable traffic on the example of a motorway 35 OP RZ 35K-023.

The graduation work may be divided into several logically connected parts which are: analysis of existing lighting; justification of the need to illuminate the road under consideration; selection of lighting equipment; lighting calculation; technological and design solutions; an example of foreign experience in lighting roads and settlements with LED lights.

Finally, we present the work on the successful foreign experience of lighting entire cities and highways with LED lightning lights, the use of which has allowed significant savings on electricity, as well as significantly improved energy efficiency.

In conclusion we'd like to stress this work is relevant in solving the problem of the roads' improvement of the Republic of Crimea as well as similar technological and constructive solutions can be used for lighting reconstruction on all roads of the Russian Federation.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Оборудование автомобильной дороги искусственным освещением .....	7
1.1 Анализ существующего освещения.....	10
1.2 Нормы освещенности автомобильных дорог .....	10
1.2 Требования к осветительным приборам уличного освещения .....	12
1.3 Классификация приборов уличного освещения .....	12
2 Автоматическое управление освещением .....	18
3 Технологические и конструктивные решения по оборудованию искусственным освещением автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-023 Восточных обход г. Симферополя .....	22
4 Обоснование необходимости освещения автомобильной дороги в г. Симферополе .....	23
4.1 Характеристика автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-023 Восточных обход г. Симферополя .....	23
5 Выбор оборудования для освещения дороги 35 ОП РЗ 35К-023 Восточных обход г. Симферополя .....	26
6 Светотехнический расчет .....	36
7 Технологические и конструктивные решения .....	38
8 Зарубежный опыт освещения автомобильных дорог и населенных пунктов светодиодными светильниками .....	40
8.1 Реализация интеллектуальной системы светодиодного освещения в г. Губен, Германия .....	40
8.2 Реализация интеллектуальной системы светодиодного освещения в г. Зинген, Германия.....	41
8.3 Реализация интеллектуальной системы светодиодного освещения в г. Бенсхайм, Германия.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	47

## ВВЕДЕНИЕ

Освещение автомобильных дорог – одна из самых главных частей безопасного дорожного движения, без хорошего освещения проезжей части невозможна безопасная эксплуатация автомобильных дорог общего пользования, а также тротуаров и прилегающей территории.

Современное освещение автомобильных дорог – это большие линейные объекты, требующие исключительного подхода в проектировании и монтаже. При проектировании необходимо учесть расположение, рассчитать рациональный расход энергетических ресурсов, выбрать оборудование которое его обеспечит, а также затраты на ремонт и обслуживание сетей освещения дорожного полотна. Именно грамотное построение освещения автомобильных дорог обеспечит комфорт автомобильного движения, правильную эксплуатацию автомобильных дорог и самое главное, оно обеспечит безопасное движение, которое обезопасит жизни водителей и пешеходов.

На сегодняшний день во многих городах Российской Федерации качество освещения дорожного полотна ниже требуемой нормы порядка в 2 – 3 раза, связано это с тем, что конструкции осветительных приборов давно устарели. В них используются неэффективные лампы (лампы накаливания имеют светоотдачу в 12лм/Вт, а ртутные 55 лм/Вт), которые имеют низкий срок службы (порядка 1,5 года). Когда они перегорают, обслуживающие компании ждут выхода из строя сразу нескольких ламп, в связи с нецелесообразностью замены одной или двух ламп целой бригаде.

По оценкам экспертов, в России процент старого оборудования для освещения автомобильных дорог значительно выше, чем в Европе и составляет около 63 процентов, в Европе этот показатель ограничивается 23 процентами. К тому же 75 процентов осветительных установок на Российских дорогах общего пользования можно сделать более эффективными.

Заменяв старые лампы на дорогах общего пользования на светодиодные светильники, позволит обеспечить надежность освещения (средний срок службы светодиодных светильников 10 – 12 лет), бесперебойность, энергосбережение, а самое главное - это безопасность на дорогах общего пользования. После проведения реконструкций искусственного освещения улично-дорожной сети количество ДТП и несчастных случаев значительно снизится.

В этом году, 26 марта исполнилось пять лет со дня присоединения Республики Крым. В течение пяти лет из государственного бюджета выделяются огромные денежные средства на развитие Республики Крым, однако на сегодняшний день до сих пор отсутствует качественное освещение автомобильных дорог. В Республике Крым, на территории всего полуострова ситуация с освещением автомобильных дорог находится на катастрофически низком уровне, так как из всех дорог разного регионального и муниципального значения, освещены чуть более 30 процентов, что является довольно низким показателем для современного общества.

Поэтому целью работы является разработка проектно-изыскательных работ по обеспечению автомобильных дорог Республики Крым системами искусственного освещения, для безопасного и комфортного движения на примере автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-023.

Для проектирования освещения в Республике Крым необходимо решить следующие задачи:

- анализ состояния сетей искусственного освещения автомобильных дорог в Республике Крым;
- анализ основного осветительного оборудования;
- разработка технических мероприятий по обеспечению автомобильных дорог наружным освещением;
- оценка экономической эффективности мероприятий.

## **1 Оборудование автомобильной дороги искусственным освещением**

Оборудование искусственным освещением автомобильных дорог имеет одну из главных ролей в безопасном дорожном движении, поскольку позволяет водителям правильно оценивать дорожную обстановку для принятия верных решений в управлении транспортным средством.

Для безопасного дорожного движения в темное время суток и было придумано освещать дорожное полотно искусственным источником света. Первые уличные фонари появились еще в Амстердаме аж в 1668 году для того, чтобы горожане не падали в каналы ночью.

На сегодняшний день системы освещения автомобильных дорог, различных проезжих частей и улиц ушли далеко вперед и продолжают развиваться. Но освещение автомобильных дорог имеет всего три варианта установки осветительных столбов [7].

Первый способ – это центральная схема расположения фонарных столбов (рисунок 1). Применяется в местах, где обочина практически отсутствует, в основном его применяют тогда, когда расположение фонарных столбов по обочинам невозможно. Примером служат автомобильные дороги, где дорожное полотно значительно выше уровня земли, как правило, такие дороги имеют в своем составе мост, а также такой способ применяется в строительстве новых и больших автомагистралей или трасс.

К достоинствам такого метода можно отнести, что он обеспечивает равномерное освещение дорожного полотна, а также позволяет сэкономить большие денежные средства на количестве опор освещения по сравнению с двусторонней схемой, однако эта схема ограничена четырьмя дорожными полосами. Разрешается использовать такой способ освещения только при условии, что ширина разделительной полосы будет составлять не менее 3-4

метров. Электроснабжение центрального расположения фонарных столбов должно быть обязательно кабельным.



Рисунок 1 – Центральное расположение фонарных столбов

Это многократно увеличивает стоимость этого способа освещения, а также обязательно должен быть огорожен с двух сторон заградительными сооружениями, все это необходимые меры предосторожности на случай возникновения дорожно-транспортного происшествия. Используется для четырех полос.



Рисунок 2 – Односторонняя схема расположения фонарных столбов



Второй способ оборудования искусственным освещением автомобильной дороги – это односторонняя схема расположения фонарных столбов (рисунок 2). Этот способ является самым распространенным, в России таким способом освещено более 60 процентов автомобильных дорог. Единственным недостатком этого способа является неравномерное освещение дорожного полотна, потому что прилегающая сторона дороги будет освещена всегда лучше противоположной. В остальном он является самым дешевым и простым. Используется для двух или трех полос.

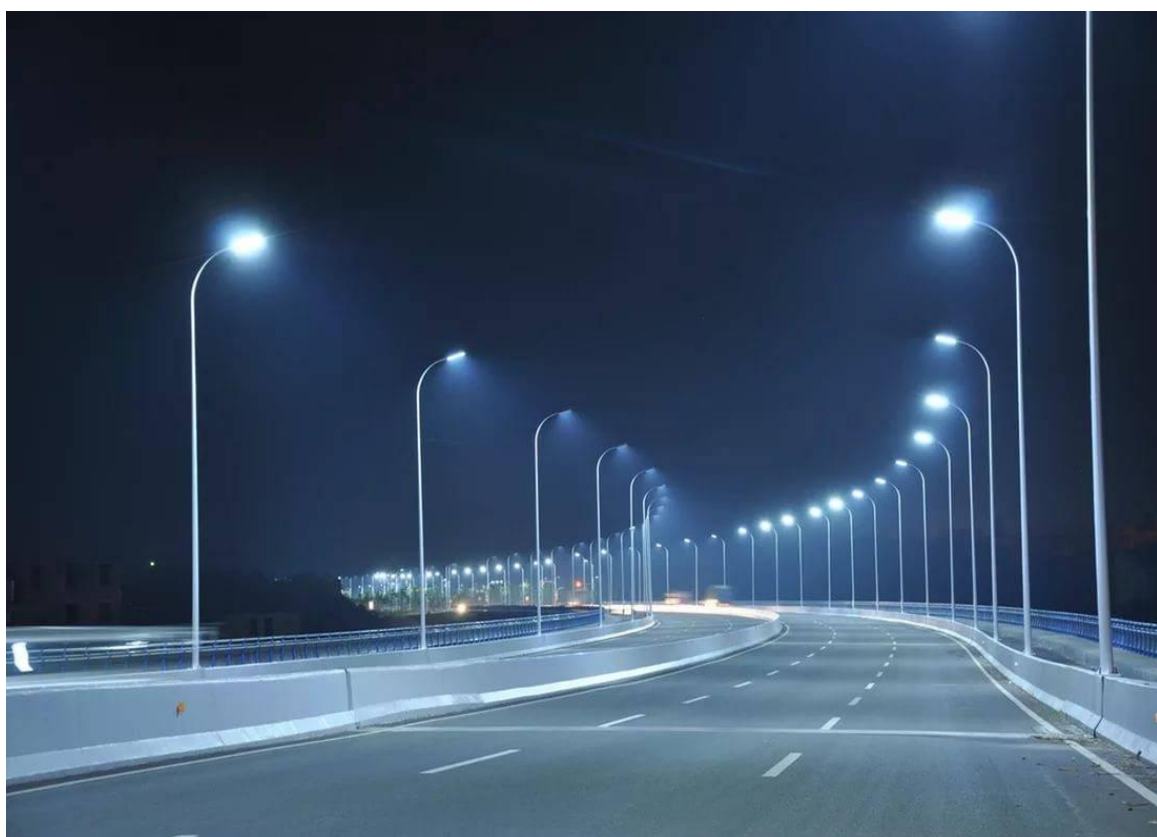


Рисунок 3 – Двусторонняя схема расположения фонарных столбов

Третий способ освещения дорожного полотна – это двусторонняя схема расположения (рисунок 3). Данный способ освещения автомобильных дорог является самым эффективным и одновременно самым дорогим, как правило, его используют на четырех, шести и восьми полосных автомобильных дорогах.

## **1.1 Анализ существующего освещения**

На сегодняшний день во многих городах Российской Федерации качество освещения дорожного полотна ниже требуемой нормы порядка в 2 – 3 раза, связано это с тем, что конструкции осветительных приборов давно устарели. В них используются неэффективные лампы [1] (лампы накаливания имеют светоотдачу в 12лм/Вт, а ртутные 55 лм/Вт), которые имеют низкий срок службы (порядка 1,5 года).

В Республике Крым обстановка с уличным и дорожным освещением гораздо хуже, чем на территории центральной России. Из 6,61 тыс. км. дорог в Республике Крым освещено только 30 процентов. По заключениям экспертов, в Республике Крым освещены в основной мере центральные улицы и дороги побережья, а многие скоростные трассы, дороги обычного типа вовсе находятся без освещения.

Поэтому строительство искусственного освещения автомобильных дорог в Крыму является одной из самых важных и приоритетных задач во всей Республике [18].

## **1.2 Нормы освещенности автомобильных дорог**

Для любого города, как и в населенных пунктах поменьше, подсветка дорог представляет собой важную задачу. Это, прежде всего, связано с тем, что малейшие нарушения со стороны организации системы освещения могут повлечь за собой человеческие жертвы.

Поэтому наличие здесь проблем с освещением (его полное отсутствие, низкое качество, нарушение норм, ГОСТов и т.д.) приведет к резкому повышению потенциально опасных ситуаций на дорогах и улицах населенных пунктов, которые нередко заканчиваются трагическими последствиями.

Поэтому здесь существуют жесткие требования и нормы, а также свои ГОСТы. Все они прописаны в специальной документации (СНиП и СанПин). Все эти нормы и ГОСТы, а именно: ГОСТ Р 55706-2013 [6], СП

52.13330.2011 [3], СП 42.13330.2011 [4] должны неукоснительно соблюдаться при проектировании [5] освещения дорог и автомагистралей в населенных пунктах. СНиП содержит в себе жесткие требования, которые служат гарантией того, что освещение на проезжей части любых населенных пунктах будет максимально эффективно и безопасно.

В соответствии с СП 52.13330.2011 [3] освещение дорог, площадей и улиц с регулярным автомобильным движением в населенных пунктах необходимо проектировать согласно нормам приведенных в таблице 1, а также средняя яркость [12] дорожного полотна скоростных дорог должна составлять 1,6 кд/м<sup>2</sup> в границах городов и быть не меньше 1,0 кд/м<sup>2</sup> вне границ городов на главных въездах в аэропорты, речные и морские порты в независимости от интенсивности дорожного движения.

Таблица 1 - Нормы средней яркости и освещенности усовершенствованных покрытий

Категория объекта по освещению	Улицы, дороги и площади	Наибольшая интенсивность движения транспорта в обоих направлениях, ед/ч	Средняя яркость покрытия, кд/м <sup>2</sup>	Средняя горизонтальная освещенность покрытия, лк
A1	Магистральные дороги, магистральные улицы общегородского значения	Св. 10000	2,0	30
A2		От 7000 до 9000	1,6	20
A3		От 4000 до 7000	1,4	20
B1	Магистральные улицы районного значения	От 3000 до 4000	1,2	20
B2		От 2000 до 5000	1,0	15
B1	Улицы и дороги местного значения	От 1500 до 3000	0,8	15
B2		От 1500 до 3000	0,6	10
B3		От 500 до 1500	0,4	6

## **1.2 Требования к осветительным приборам уличного освещения**

Именно от правильности выбора светильника и его размещения зависит качество уличного освещения. Подбор осветительной аппаратуры для дорог регламентирует ГОСТ. Для системы наружного освещения светильники должны отвечать ряду требований:

1. иметь простое и неприхотливое обслуживание;
2. обладать надежной защитой от разнообразных климатических условий (снег, дождь, град, сильные порывы ветра и т.д.);
3. иметь высокий класс влагозащищенности (не менее IP55);
4. обладать антивандальной защитой;
5. потреблять минимум электроэнергии и при этом давать мощный световой поток;
6. продолжительный срок службы, как светильника, так и источников света;
7. наличие оптической системы для создания направленного светового потока.

Наиболее часто осветительные приборы имеют подвесной способ крепления, что позволяет эффективно их закреплять на фасадах зданий или специальных опорах (светильники консольного типа). Расстояние между столбами должно равняться 30, 35 и 40 метрам [10], а их высота может варьироваться от 7 до 16 метров в зависимости от существующих потребностей.

## **1.3 Классификация приборов уличного освещения**

Осветительные приборы уличного освещения, как правило, делят на две группы: для освещения улиц, парков, площадей или так называемое городское освещение и дорожное освещение. Разделяют их, потому что они выполняют разные функции и служат для разных целей.

Для освещения улиц применяют рассеянное освещение с энергоэффективными светильниками [1], имеющими небольшую мощность.

Мощность ламп для освещения улиц варьируется от 40 до 125 Вт [8]. Светильники освещающие улицы, площадки, парки и скверы имеют округлую форму, которая гармонично смотрится в условиях города и имеет рассеивающую функцию.

Для освещения автомобильных дорог, в зависимости от категории, применяют различное освещение, зачастую это рефлекторное освещение с отражающей поверхностью внутри светильника, данный способ позволяет создавать сильные потоки направленного света на автомагистралях и крупных автострадах и иметь мощность в 250 - 400 Вт [9]. На дорогах второстепенного значения разрешено применять и рефлекторное, и рассеянное освещение с мощностью фонарей в 70 – 250 Вт. Форма таких светильников в основном прямоугольная.

На рисунке 4 изображена лампа типа ДРЛ (дуговая ртутная с люминофорным покрытием) высокого давления и ДРИ (дуговая ртутная с излучающим веществом) одинаковы, за исключением того, что у ламп ДРИ в газ кварцевой колбы вводят дополнительные соединения галогенов с некоторыми металлами и содержат следующие конструкционные элементы:

1. цоколь (E27 или E40) для подачи электроэнергии от патрона светильника к лампе;
2. колбу эллипсоидного типа, в которой размещены основные элементы лампы (изготовлена из специального термостойкого стекла);
3. кварцевую колбу (горелку), основное устройство генерации световых волн в лампе, в колбе откачан воздух и содержится азот и определенное количество ртути, которая может быть в состоянии цельного шарика или мельчайших шаров на стенках колбы.



Рисунок 4 – Лампа ДРЛ

Все подобные источники света относятся к дуговым, то есть световые волны образуются вследствие горения дуги между двумя электродами. Кварцевая колба (горелка), находящаяся внутри основной стеклянной оболочки лампы содержит четыре электрода подключенные к проводникам контактов цоколя.

При подаче электричества происходит пробой зазора между основным и поджигающим электродами, в результате ионизации газа загорается дуга между основными электродами. В период ее розжига металлическая ртуть испаряется, что создает электронное поле, стабилизирующее дугу. Свечение колбы имеет ультрафиолетовый спектр, чтобы его изменить, на основную оболочку лампы нанесен слой люминофора, который под действием ультрафиолета светится голубым светом. Для корректной работы лампы необходима пускорегулирующая аппаратура РКУ, которая содержит дроссельный источник регулировки тока для розжига лампы. Основная

задача РКУ это подача повышенного напряжения на поджигающие электроды для возникновения первичного разряда, после розжига дуги происходит ограничение тока. Особенность ламп ДРЛ в том, что они весьма чувствительны к питающему напряжению, при падении напряжения на 18-20% от номинала, может наблюдаться нестабильная работа или угасание дуги. Запуск ламп при пониженном напряжении также осложнен и может привести к приведению РКУ в негодность.

Температура цвета всех ламп ДРЛ находится в пределах 4200-4500К, что придает им специфическое холодное свечение. От момента запуска и до выхода на полное свечение требуется в среднем 5-7 минут. После прекращения подачи электроэнергии повторное включение невозможно, требуется некоторое время для остывания кварцевой колбы. Индекс цветопередачи составляет 40-59 [13], чего вполне достаточно для уличного освещения.

К достоинствам ламп можно отнести их дешевизну по сравнению с ДРИ, ДНАТ и светодиодными светильниками, в остальном же лампы ДРЛ при такой же мощности будут уступать во всех параметрах вышеперечисленным лампам.

Лампы конструкции ДНАТ (дуговая натриевая трубчатая, рисунок 5) являются альтернативой ДРЛ источников для освещения улиц и магистралей. Самая распространенная лампа в мире по освещению улиц и автомобильных дорог. Принцип действия основан на горении дуги в парах натрия. При этом достигается увеличения светового потока по сравнению с ДРЛ примерно в два раза. То есть, в среднем лампы ДНАТ создают поток около 150Лм/Вт. Этот факт позволяет значительно экономить потребление электроэнергии, так как для освещения в заданных параметрах, можно применять ДНАТ источники, мощность которых в два раза меньше, чем у ДРЛ. Характерная особенность натриевых ламп в том, что у них цветовая температура равна 2000К, с ярко выраженным желтым свечением, которое иногда смещено к красному спектру. В связи с этим использование таких источников

целесообразно только на улицах и магистралях, где нет требуемых показателей к цветовой температуре.



Рисунок 5 – Лампа ДНаТ

Самым перспективным и самым новым решением проблем освещенности, как улиц, так и автомобильных дорог являются светодиодные светильники (рисунок 6), они вытесняют лампы ДРЛ, ДНаТ и ДРИ из нашей повседневной жизни.



Рисунок 6 – Светодиодный светильник консольного типа



На данный момент, светодиоды самый лучший вариант по уличному освещению, обусловлено это высокой экономичностью и долгим временем службы, которое равняется 100000 часам. Потребление энергии при создании эквивалентного светового потока приблизительно в два или три раза ниже. Цветовая температура таких источников наиболее приближена к комфортной и составляет 6500К. Данные светильники не требуют больших пусковых токов и питающих кабелей с большим сечением, они устойчивы к механическим воздействиям и могут эксплуатироваться в широком температурном диапазоне от -60 до +50. Единственным недостатком является цена, которая превосходит цену ламп ДРЛ и ДНаТ в десятки раз. Однако, если использовать светодиоды с адаптивной системой управления в будущей перспективе они окупают себя и позволяют серьезно экономить на электроэнергии.

## 2 Автоматическое управление освещением

Осуществлять управление освещением можно тремя способами: ручную (дистанционное), автоматически и с помощью автоматической системы управления.

Первый способ самый примитивный и самый неэффективный. Суть его заключается в том, что оператор, находясь на командном пункте, оценивая погодные условия и время суток, включал и выключал осветительные установки.

При автоматическом способе управления, отдельные участки уличного освещения, в зависимости от состояния датчиков и заложенного алгоритма, включаются и выключаются сами. Переход на автоматическую систему связан с тем, что напряжение потребителям стали подавать с помощью локальных трансформаторных подстанций, преобразующих высоковольтное напряжение в стандартное. Поэтому в 50-е — 60-е годы была внедрена система автоматического управления освещением. Она работала по простейшему доступному на то время принципу. На каждой подстанции устанавливалась автоматика, действующая от датчиков освещенности. Стало темно — подали напряжение на фонари, стало светло — отключили.

Автоматический способ управления [19] также является неэффективным, так как датчики часто подводили, их регулировка осуществлялась только вручную. Датчики было необходимо калибровать очень точно, так как из-за плохой калибровки работа была нечеткой. Часто при засветке ярким светом от фар или полной луной фонари могли погаснуть ночью. В сильные снегопады датчики облеплял снег и свет включался днем. Но самый главный минус, которым обладал этот способ это бесполезное освещение улиц и дорог в тот момент, когда никого не было, то есть бесполезная трата электроэнергии. После этот недостаток пытались устранить с помощью астрономического реле (рисунок 7), в них программное обеспечение по введенным координатам рассчитывает время

заката и рассвета в данном месте, и на основе расчета подает сигналы на переключение. В реле также реализуется и функция выключения и включения в заданные часы. Астрономические реле дополнялись датчиками освещенности только для контроля непредвиденного уменьшения естественной освещенности, например из-за тумана. Такой способ на сегодняшний день очень широко распространен в небольших городах



Рисунок 7 – Астрономическое реле

Автоматическая система управления [20] – это самый современный и инновационный способ управления наружным освещением. Технически состоит из двух уровней:

1. Верхний - панель диспетчерского управления уличным освещением, находится на предприятии, в ответственности которого находятся осветительные сети (Горсвет или коммунальщики). Контролируется дежурным или диспетчером [21]. На него стекается вся информация с нижнего уровня, и осуществляется изменение параметров или программ его работы.

2. Нижний - щит управления уличным освещением находится на участках сетей освещения (рисунок 8). Щиты коммутируют работу осветительных приборов и контролируют их состояние без присутствия работников.



Рисунок 8 – Щит простейшей автоматики уличного освещения

Связь между верхним и нижним уровнями может осуществляться несколькими способами. Как правило, оборудование, поставляемое производителями поддерживает все функции. Поэтому предприятие выбирает вариант, наиболее выгодный для конкретной ситуации. Иногда в системе одновременно используют несколько каналов. Основные возможности системы автоматического управления освещением:

1. включение и выключение каждого источника освещения по команде;
2. программирование включения осветительных по времени или от состояния датчиков (освещенности и других), возможно введение почасового, календарного и сезонного графика работы;
3. переключение фаз на линиях питания осветительных приборов, в том числе и программно — по времени, или в зависимости от параметров питания на вводе в шкаф;
4. принудительная перезагрузка микропроцессорной системы шкафа управления.
5. контроль состояния линий подключения освещения (есть или нет напряжение его параметры, ток, наличие короткого замыкания, перекос фаз, косинус фи);

6. контроль состояния линий ввода (есть или нет напряжение его параметры, ток, перекос фаз, косинус фи);
7. контроль состояния контакторов и автоматических выключателей на выходах (включен/выключен);
8. контроль прибора учета расхода электроэнергии (показания, пики, тарифы);
9. контроль несанкционированного доступа в шкаф (при открытии без разрешения, или взломе отправляется информация диспетчеру);
10. состояние линий связи (уровень сигнала и т. п.);
11. диагностика неисправностей системы;
12. контроль возгораний, датчики сигнализируют о резком повышении температуры.

Автоматическая система управления наружным освещением (АСУНО) почти всегда имеет встроенный источник питания. При отключении электроснабжения, она в течении не менее чем часа остается на связи, и сообщает об изменениях параметров. Также стоит отметить, что почти всегда дублируется сохранение данных. Информация о ситуации записывается и хранится не только у диспетчерской аппаратуры, но и в оборудовании шкафов (щитов управления на местах). Если отсутствовала связь, то можно восстановить ход событий считать через память щита управления (как говорилось выше, он энергонезависим).

Автоматическая система управления освещением настолько универсальна, что в зависимости от комплектования каждого светильника различными модулями и датчиками может обеспечить работу светильников в индивидуальном порядке при приближении автомобиля в полностью автоматическом режиме. При этом вся информация о состоянии, включения и выключения каждого светильника передается через GSM или internet каналы на диспетчерский пункт.

### **3 Технологические и конструктивные решения по оборудованию искусственным освещением автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-023 Восточных обход г. Симферополя**

Оборудование автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-023 искусственным освещением позволит установить оптическую видимость согласно нормам СП 52.13330.2011 в ночное время суток, а также в условиях плохой видимости.

Исходя из того, что линейный объект будет находиться в стесненных условиях города, это значит нахождение многочисленного количества подземных коммуникаций. Наличие вдоль дороги пешеходных тротуаров, также будет препятствовать электроснабжению осветительных установок кабельным способом (подземным кабелем). Также электроснабжение линейного объекта [23] или любого другого подземным кабелем требует значительно больших затрат нежели провод СИП.

Исходя из всех вышеперечисленных фактов, использование провода СИП-2 методом закрепления на осветительных опорах с помощью анкерного кронштейна, будет более выгодным, более простым решением, а также более целесообразным решением.

## **4 Обоснование необходимости освещения автомобильной дороги в г. Симферополе**

Как уже было сказано, в Республике Крым освещено около тридцати процентов автомобильных дорог. Это очень низкий показатель, поэтому Министерство автомобильных дорог Российской Федерации разработало программу развития крымских дорог. Рассчитана она на 2019-2024 года, а объем финансирования составляет 150 миллиардов рублей[5].

Крым, на данный момент, является одним из самых популярных курортов России, поэтому многие люди со всех городов страны отправляются отдыхать на своих автомобилях в сезон отпусков. Дороги, имеющие категорию Б, в разгар сезона будут иметь загруженность, которая соответствует дорогам категории А.

Автомобильная дорога 35 ОП РЗ 35К-023 Восточный обход г. Симферополя имеет статус региональной дороги, протяженностью 12,1 км. На участке 0+000 – 1+500 полностью отсутствует искусственное освещение дорожного полотна, а значит в темное время суток на этом участке, жизни нескольких тысяч водителей подвергаются опасности от повышенного риска возникновения ДТП.

Исходя из всех перечисленных фактов, необходимостью и актуальностью данной работы нельзя пренебрегать.

### **4.1 Характеристика автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-023 Восточных обход г. Симферополя**

Автомобильная дорога 35 ОП РЗ 35К-023 Восточный обход г. Симферополя – четырехполосная с шириной каждой полосы в 3,75 м и общей шириной в 15 м, имеет категорию Б1, покрытие дороги мелкозернистое асфальтобетонное по ГОСТ Р 55708-2013 и коэффициент равномерности освещенности не более 0,35. Расположение дороги представлено на ситуационном плане (рисунок 9), а также длина проектируемого освещения.

Ситуационный план, чаще всего, представляет собой снимок карты или навигатора, на котором с помощью примерных или условных графических обозначений, показан тот или иной объект или участок предполагаемого строительства или реконструкции чего-либо.

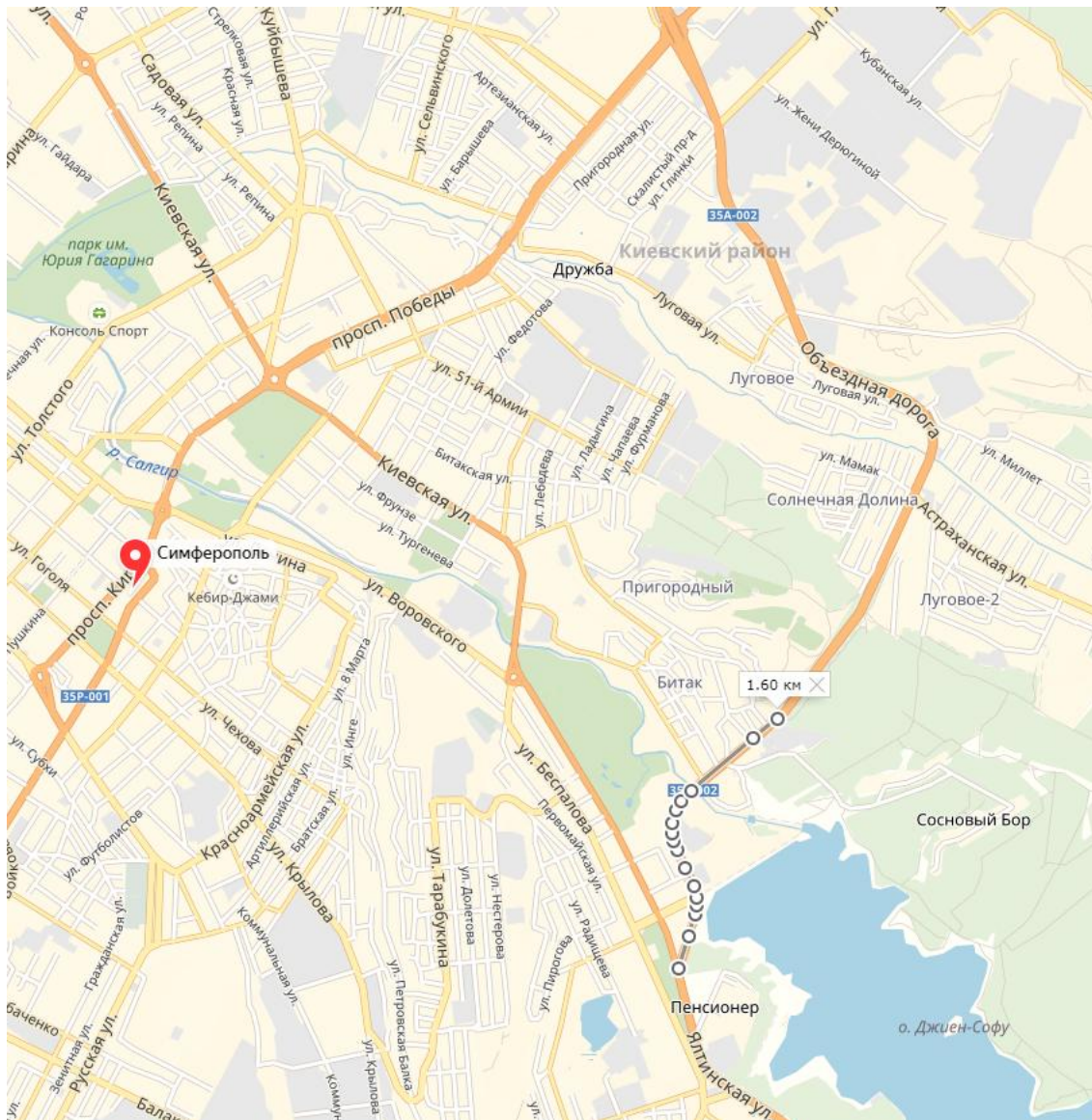


Рисунок 9 – Ситуационный план и проектируемый участок искусственного освещения

Климат г. Симферополь предгорный с мягкой зимой и жарким, продолжительным летом. Среднегодовая температура воздуха 10.8°C. Среднегодовой уровень осадков 505 мм, среднее количество часов



солнечного сияния 2469 в год. На вегетационный период приходится 270мм осадков.

Максимум осадков приходится на лето, однако близость к средиземноморскому климату делает невыраженный вторичный максимум осадков, приходящийся на декабрь. В феврале, начале марта приходит сезон ветров, преобладают северо-восточные направления. Согласно СП 20.13330-2016 [6] район по ветру по второй, а по гололеду третий.

Рельеф участка ровный с незначительным уклоном.

## **5 Выбор оборудования для освещения дороги 35 ОП РЗ 35К-023 Восточных обход г. Симферополя**

Для освещения данной дороги были выбраны светодиодные светильники марки Galad [27]. Светодиодные светильники по всем параметрам превосходят другие используемые для освещения автомобильных дорог искусственные источники света, а именно ДРЛ, ДРИ и лампы ДНаТ. Светодиодные светильники были выбраны по следующим соображениям:

1. лампы ДРЛ попали под запрещение Минаматской конвенции по ртути, с 2020 года будет запрещено их производство, экспорт и импорт, следовательно, в будущем нечем будет заменить перегоревшие лампы;

2. лампы ДНаТ, на первый взгляд, по своим характеристикам не сильно отличаются от светодиодов, однако, мало кто знает, что эти лампы начинают сильно деградировать, производители этот факт стараются скрывать. Поэтому при проектировании и световых расчетах этот факт необходимо учитывать. Лампы ДНаТ после первых двух или трех месяцев теряют порядка пятнадцати процентов светового потока, после года эксплуатации лампа потеряет тридцать процентов светового потока, например: лампа ДНаТ 150 имеет световой поток 15000 лм, через два или три месяца ее световой поток будет равен  $15000 - 15\% = 12750$  лм, а через год  $15000 - 30\% = 10000$  лм. Еще один минус ламп ДНаТ это энергопотребление;

3. при использовании автоматических систем управления освещением именно со светодиодными светильниками можно добиться высокого показателя экономии электроэнергии, а также на базе светодиодов расширяются возможности систем автоматического управления освещением. Светодиодные светильники в отличии от других можно диммировать. Диммер – это устройство, с помощью которого можно регулировать яркость [11] светильника. Поэтому в разное время суток можно регулировать яркость в зависимости от текущего уровня освещенности дорожного полотна.

Марка Galad была выбрана исходя из необходимости выбрать надежный, защищенный, дешевый, имеющий эффективное светораспределение, а также иметь возможность интегрироваться в автоматическую систему управления наружным освещением. Таким светильником является Galad Омега LED-120-ШБ/У60 с мощностью 120 Вт.

Galad Омега LED-120-ШБ/У60 имеет следующие характеристики:

- мощность в 120 Вт;
- световой поток 14400 лм;
- настраиваемую цветовую температуру от 3710 до 4260 кельвин;
- климатическое исполнение УХЛ1;
- степень защиты от влаги и пыли IP65.

Также предусматривается применение граненных оцинкованных опор электроосвещения марки СФГ с расчетной нагрузкой на 700 кг. Установка опор производится на железобетонное основание (фундамент). Фундамент состоит из закладного металлического элемента ЗФ-30/8/Д440-2,5-б и бетона марки БСТ В30 П4 (F2)300W12 (гранит, фр. 5-20), классифицирующийся как бетон для транспортного строительства(бетон в солях). Применение данных опор и данного бетона не имеет альтернативы. Обусловлено это тем, что опоры должны выдерживать натяжение провода и давление ветра, а бетон не будет разрушаться от применения солей и реагентов, которые будут растапливать снег и лед, тем самым попадая вместе с водой на поверхность бетона.

Соединение опоры и закладной детали осуществляется с помощью фланцевого соединения с применением шпилек, гаек и шайб повышенной прочности. Все элементы, находящиеся на поверхности оцинкованы и адаптированы к условиям эксплуатации оборудования на срок не менее 30 лет.

Подключение светильников к электросети выполняется проводом ПВС – 3х1,5 мм<sup>2</sup>.

Фазная жила присоединяется к фазе СИП с помощью ответвительного зажима методом прокалывания изоляции, нулевые проводники (рабочий и защитный) присоединяются к 0-несущей жиле СИП под один зажим.

В щите наружного освещения от автоматической системы управления наружным освещением будет разветвление на три автоматических выключателя. Первый выключатель ВА 47-29 10А [14] будет отвечать за коммутацию первого фидера. Второй выключатель ВА 47-29 16А отвечает за коммутацию второго фидера. Третий выключатель ВА 47-29 2А служит для коммутации лампочки, освещающей щит наружного освещения. Данные автоматические выключатели были проверены на способность защитить линию электроосвещения от коротких замыканий.

$$I_{кз} = \frac{U * 1000}{\sqrt{3} * Z_{л} + \frac{Z_{тр}}{\sqrt{3}}} \quad (1)$$

где  $U$  – напряжение в сети, кВ;  $Z_{тр}$  – сопротивление трансформатора, Ом;  $Z_{л}$  – полное сопротивление линии, Ом

$$Z_{л} = \sqrt{(R_{уд} * L)^2 + (X_{уд} * L)^2}, \quad (2)$$

где  $R_{уд}$  – активное сопротивление провода, Ом;  $X_{уд}$  – индуктивное сопротивление провода, Ом;  $L$  – длина провода, км;  $R_{уд}$  и  $X_{уд}$  взяты из таблицы сопротивление проводов СИП-2.

$$Z_{л1} = \sqrt{(1,2 * 0,52)^2 + (0,608 * 0,52)^2} = 0,788 \text{ Ом},$$

$$Z_{л2} = \sqrt{(0,641 * 1,05)^2 + (0,608 * 1,05)^2} = 0,927 \text{ Ом},$$

$$I_{кз1} = \frac{0,38 * 1000}{\sqrt{3} * 0,788 + \frac{4,5}{3}} = 134 \text{ A},$$

$$I_{кз2} = \frac{0,38 * 1000}{\sqrt{3} * 0,927 + \frac{4,5}{3}} = 122 \text{ A}, \quad (3)$$

Согласно ПУЭ[2], ток короткого замыкания [22] должен двукратно превышать значение тока срабатывания автоматического выключателя. Исходя из полученных данных,  $I_{кз1} > 2 * 10$  (10 ток срабатывания автоматического выключателя на первом фидере). Также  $I_{кз2} > 2 * 16$  (16 ток срабатывания автоматического выключателя на втором фидере). Провод СИП представляет собой жгут из изолированных фазных жил, скрученный несущей нулевой. В качестве изолирующего материала применяется полиэтилен, устойчивый к ультрафиолетовому излучению и атмосферным воздействиям. Проводник сделан из алюминия или его сплава. В центральной части сечения нулевой жилы проходит стальной сердечник, а вокруг него закручены витки алюминиевой проволоки.

Самонесущий изолированный провод СИП применяется в воздушных ЛЭП, в силовых электросетях и используется для освещения при напряжении до 1000 В.

Преимущества провода СИП:

1. эксплуатационное обслуживание обходится дешевле
2. более стабильные параметры при передаче электроэнергии
3. устойчивость к атмосферным воздействиям: значительно меньше налипает снег и лед, высокая химическая стойкость изоляции к агрессивным средам
4. монтаж проще и быстрее, не требуется тяжелая техника
5. реактивные потери снижаются в 3 раза по сравнению с традиционными проводами на изоляторах

6. снижается процент воровства электроэнергии за счет незаконных подключений

7. отсутствие коротких замыканий при перехлесте проводов под действием ветра

8. для реальных условий эксплуатации можно выбрать оптимальный тип провода

Маркировка провода СИП:

- СИП-1 имеет одинаковые фазные жилы, но нулевые несущие отличаются. В этом варианте нулевая жила оголена, а в марке с индексом "н" - изолированная.

- СИП-2 изготовлен точно так же, но изоляцией является сшитый полиэтилен, сохраняющий высокие механические и электрические свойства при температуре 130 С (обычный материал теряет форму уже при 85 С). Изделия данной марки применяются в условиях активных атмосферных воздействий.

- СИП-3 состоит всего из одной жилы со стальным сердечником и может применяться в воздушных ЛЭП мощностью до 35 кВ.

- СИП-4 и 5 – изделия содержат токопроводящие жилы при отсутствии несущей нулевой. Если есть обозначение "н", то это говорит о том, что материалом является алюминиевый сплав. Марки проводов используются для создания отводов от ЛЭП к жилым строениям и для осветительных сетей.

СИП впервые появился во Франции и Финляндии в 50-х годах, а через 30 лет нашел широкое распространение в России. Данная система содержит: одну несущую нейтраль без изоляции из алюминия или его сплава со стальным сердечником; изолированные фазные проводники из алюминия (от 1 до 4), закрученные вокруг нейтрали. В систему входят отечественные марки СИП-1,2 и финский аналог АМКА.

Прокладка провода СИП системой с изолированной нейтралью. Отличие заключается в том, что несущий нейтральный провод выполнен изолированным. В систему входят провода СИП-1а, 2а и АМКА-Т.

Применение изолированной нейтрали вызвано необходимостью предупреждения коррозии в прибрежных морских районах или в химически активных средах. Существенным недостатком системы является высокая нагрузка на изоляцию нейтрального проводника. При его применении анкерные пролеты уменьшают, чтобы не разрушился защитный слой. Во всех остальных случаях применяется голая нейтраль.

Самонесущая система не содержит нейтрального провода, на котором держится весь жгут. В нее входят от 1 до 4 одинаковых изолированных проводников. К ней относится одиночный провод СИП-3 и скрученные в жгут СИП-4 и 5. Все они при натяжении одинаково нагружены, что создает очевидное преимущество перед другими марками.

Рекомендуется использовать провода с несущими нейтралями в магистралях и отводах к потребителям. СИП-4, 5 лучше подходят для создания ответвлений к жилым домам и при прокладке проводов по фасадам и стенам.

Температура эксплуатации – диапазон от -60 до +50 С. Исполнение для умеренного и холодного климата. Возможность монтажа при температуре до -10 0С. Срок эксплуатации с гарантией – 5 лет, а заявленный – до 40 лет.

Сечение проводов СИП находится в пределах 16-150 мм<sup>2</sup>. Для ввода в дом расчетов по допустимой мощности в большинстве случаев не требуется, поскольку минимального размера хватит с запасом. На маркировке первая цифра определяет тип провода, а затем указывается количество жил и сечение, например провод СИП-2х16.

Провода подвержены механическим нагрузкам. Для расчета на прочность необходимо знать вес провода СИП, от действия которого возникает вертикальная нагрузка. Кроме того, на него еще действует обледенение и сила ветра, действующая в горизонтальном направлении. Вес провода любой марки можно определить по таблицам.

Монтаж провода СИП на столбах устанавливаются с помощью крепления для анкеров и раскатных роликов, после чего заводят канат-лидер. К нему крепят провод и протягивают, сматывая с катушки. На ролики обычно нанесен защитный слой из пластика. Провод не должен контактировать с грунтом и посторонними предметами. Создают натяжение, контролируя его величину с помощью приборов. Затем провод снимают с роликов, закрепляют в пролете и делают стыковку или отвод линии соединительными и ответвительными герметичными зажимами соответственно.

Особенностью изолированных проводов является создание надежного электрического контакта с помощью прокалывающих шипов. Они делаются на зажимах. Возможно подключение под напряжением: данная конструкция позволяет провести работы безопасно.

На опорах провод фиксируется анкерным креплением, а при монтаже отвода на другом конце применяется настенный кронштейн. Если расстояние до дома большое, устанавливается промежуточная опора с поддерживающим зажимом.

Прокладка проводов СИП не требует больших затрат. Наличие изоляции создает защиту от короткого замыкания при соприкосновении между проводами. Их можно крепить к стенам сооружений без изоляторов. При монтаже требуется меньше опор.

Большой частью провод предназначен для силовых сетей или для освещения при напряжении до 1 кВ. Провод применяется при строительстве воздушных ЛЭП и ответвлений в жилые дома и бытовые постройки.

Линия электроосвещения выполняется самонесущим изолированным проводом СИП-2 3x25+1x54,6 (S1) и СИП-2 3x50+1x54,6 (S2). Это обуславливается тем, что согласно ПУЭ[2] отклонение напряжения сети электрического освещения жилых зданий и наружного освещения не должно превышать 5%. Так как цена самонесущего изолированного провода зависит от его сечения, а длина линии составляет 1570 метров. Чтобы избежать



потерь напряжения более 5% и сэкономить денежные средства, было принято решение осуществить освещение участка дороги двумя фидерами от двух вводных автоматов. Первый фидер будет включать в себя 42 светильника Galad Омега LED-120-ШБ/У60, который суммарно будет иметь мощность 5,04 кВт [16]:

$$P_{\phi} = N * P_{\text{св.}} \quad (3)$$

$$P_{\phi 1} = 42 * 120 = 5,04 \text{ кВт}$$

Где  $P_{\phi}$  – расчетная мощность фидера, кВт;  $N$  – количество светильников на фидере;  $P_{\text{св.}}$  – мощность одного светильника.

Второй фидер будет включать в себя 80 светильников Galad Омега LED-120-ШБ/У60 и суммарно будет иметь мощность в 9,6 кВт:

$$P_{\phi 2} = 80 * 120 = 9,6 \text{ кВт}$$

Выбор сечения провода производился при условии падения напряжения на последнем светильнике не более 5% (ПУЭ) [2]. Расчет потерь напряжения производился по справочной книге [17]:

$$\Delta U = \frac{C * P_{\phi} * L}{S_1} \quad (4)$$

Где  $\Delta U$  – потери напряжения в %;  $P_{\phi}$  – расчетная мощность фидера, кВт;  $L$  – длина провода, км;  $S$  – площадь сечения провода, мм<sup>2</sup>;  $C=20,5$  – коэффициент вспомогательный для алюминиевых проводников [17];

Потери напряжения на первом фидере составили:

$$\Delta U_1 = \frac{C * P_{\phi 1} * L_1}{S_1} = \frac{20,5 * 5,04 * 0,52}{25} = 2,15\%$$

что соответствует требованиям ПУЭ [2]. Потери на фидере втором составили:

$$\Delta U_2 = \frac{C * P_{\phi 2} * L_2}{S_2} = \frac{20,5 * 9,6 * 1,05}{50} = 4,13\%,$$

что также соответствует нормам ПУЭ[2]. Если выполнить освещение одним проводом и от одного автомата, то это приведет к удорожанию проекта, так как стоимость провода СИП-2 зависит от сечения жилы. Более того, чем больше сечения провода СИП-2, тем больше нагрузка будет действовать на опору и крепления осветительной опоры СФГ-700 и при шквалистом морском ветре может повредить опору или сорвать провод с анкерных кронштейнов.

Светильники Galad Омега LED-120-ШБ/У60 будут контролироваться и управляться [26] на базе автоматизированной системы управления – автомата управления освещением PLX (рисунок 9) и входящим в его состав контроллером PLX. С помощью программируемого календарного реле времени. Включение и отключение освещения производится в автоматическом режиме (по заданному времени), при изменении освещенности (с помощью фотореле) или ручном режиме.

Контроллер предназначен для управления уличным освещением по данным календаря, хранящегося в энергонезависимой памяти и показаний часов реального времени. Контроллер имеет два канала управления. Первый канал работает по программе управления (календарю), где указывается время включения и отключения на каждый день года. Второй канал может работать как по календарю, так и в режиме «ночного сокращения освещения». Автоматизированная система управления наружным освещением PLX устанавливается в шкаф наружного освещения.



Рисунок 9 – Автоматизированная система управления наружного освещения PLX в исполнении 01, в сборе.

Использование данного контроллера обеспечит энергоэффективный режим работы наружного освещения на участке 0+000 - 1+500 автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-023.

## 6 Светотехнический расчет

Установка опор осуществляется с одной стороны автомобильной дороги, такое решение было принято на основании светотехнического расчета. Светотехнический расчет производился в специализированной программе Light-in-night v.6.0, которая специализируется на автомобильных дорогах и улицах.

Таблица 2 – результаты светотехнического расчета из программы Light-in-night v.6.0.

<b>Показатели яркости</b>		<b>Рез-т расчета</b>	<b>Норм а</b>
Средняя, кд/м <sup>2</sup>	L <sub>ср</sub>	1.50 (+)	≥1,2
Коэффициент общей равномерности	L <sub>мин</sub> /L <sub>ср</sub>	0.40 (+)	≥ 0,4
Коэффициент продольной равномерности	L <sub>мин</sub> /L <sub>макс</sub>	0.68 (+)	≥ 0,6
<b>Показатели освещенности</b>			
Средняя, лк	E <sub>ср</sub>	23.6 (+)	≥ 20
Максимальная, лк	E <sub>макс</sub>	40,7	
Минимальная, лк	E <sub>мин</sub>	12	
Коэффициент равномерности	E <sub>мин</sub> /E <sub>ср</sub>	0.51 (+)	≥0,35
Отношение максимальной к средней	E <sub>макс</sub> /E <sub>ср</sub>	1,7	
<b>Другие показатели</b>			
Показатель ослепленности, %	P	37	
Пороговое приращение яркости, %	TI	5.9 (+)	≤ 10.0
Коэффициент использования по освещенности	UE	0,55	

В таблице 2 знаками (+) отмечены обязательные показатели, которые прописаны в СП 52.13330.2011, без знака (+) необязательные показатели. Показатели яркости, освещенности, а также пороговое приращение яркости полностью соответствуют СП 52.13330.2011.

На графиках распределения освещенности (рисунок 10) и (рисунок 11) показаны границы и линии показателя освещенности.

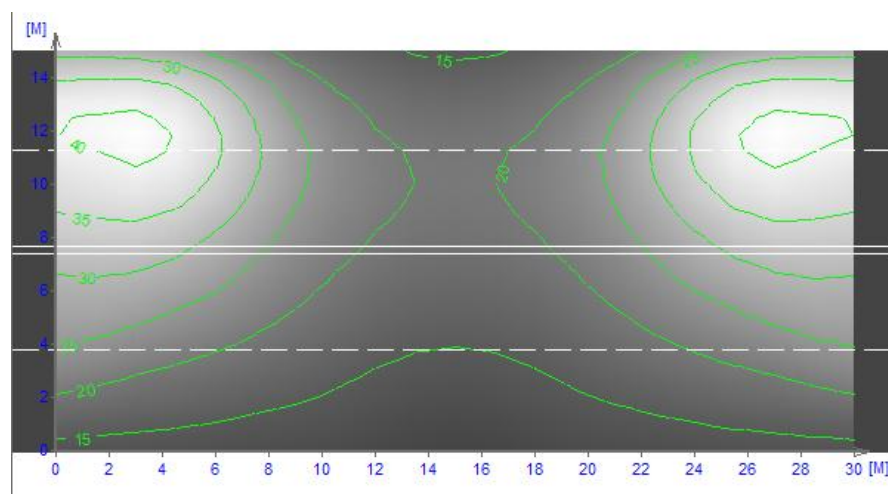


Рисунок 10 – график распределения освещенности с границами и линиями показателя освещенности

Рисунок 10 и рисунок 11 показывают, как распределены линии освещенности на дорожном полотне, а также участки в какой мере и каком месте дороги, относительно расположения опоры со светильником, будут освещены.

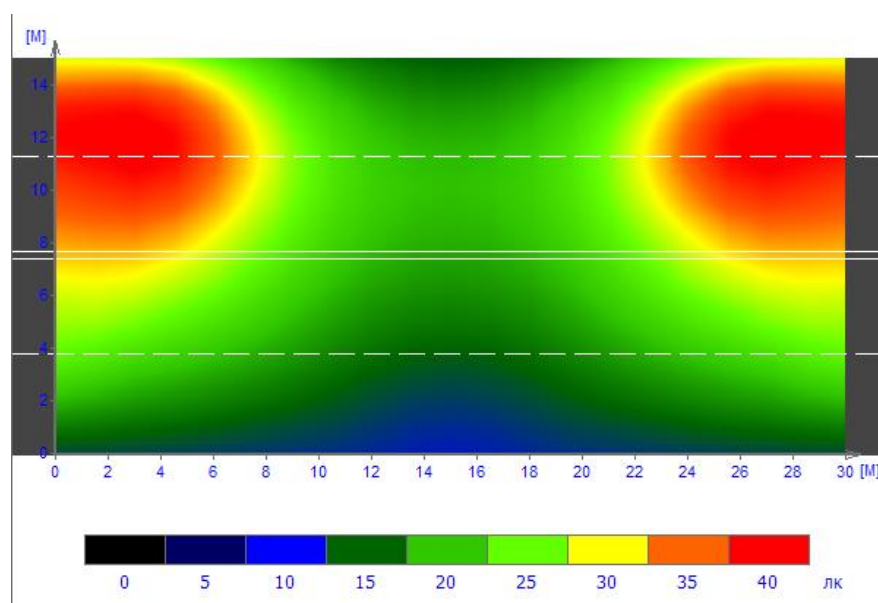


Рисунок 11 – график распределения освещенности с зонами освещенности.

## **7 Технологические и конструктивные решения**

Освещение участка автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-023 Восточный обход г. Симферополя 0+000 – 1+500 предусматривает применение граненных оцинкованных опор электроосвещения марки СФГ с максимальным горизонтальным усилием в верхней точке опоры в 700 кг, устанавливающиеся на закладной металлический элемент ЗФ-30/8/Д440-2,5-б, который закреплен в бетоне марки БСТ В30 П4 (F2)300W12 (гранит, фр. 5-20), классифицирующийся как бетон для транспортного строительства, так называемый бетон в солях, так как он сохраняет свои свойства при попадании солей и реагентов, используемых для очистки от снега и льда на автомобильных дорогах. Все элементы данной опоры адаптированы к климатическим условиям и условиям эксплуатации оборудования сроком не менее 30 лет.

На каждую опору будет осуществлена установка двух светильников Galad Омега LED-120-ШБ/У60. Всего на участке автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-023 Восточный обход г. Симферополя 0+000 – 1+500 предусмотрено 56 опор, на каждой из которых будет по два светильника, в сумме этот участок будет освещать 122 светильника Galad Омега LED-120-ШБ/У60, связано это с тем, что на некоторые опоры будут подвешены сразу три или четыре светильника в местах поворота дороги, расширений и съездов на второстепенные дороги. Установка опор осуществляется с одной стороны автомобильной дороги, исходя из светотехнического расчета в программе Light-in-night v.6.0 и экономической составляющей. Согласно схеме расстановки (рисунок 12), установка опор будет осуществляться с правой стороны (в сторону города Симферополь), шаг между опорами составляет от 22 до 37 метров, это обусловлено наличием различных коммуникаций и специфики местности.

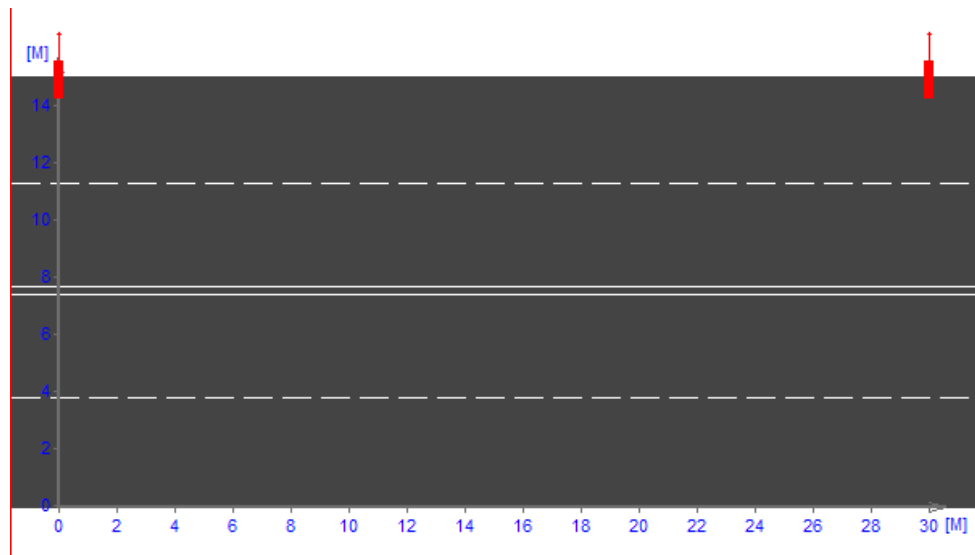


Рисунок 12 – схема расстановки опор согласно программе Light-in-night v.6.0

Подключение освещения [25] будет осуществляться от существующей КТП-123 проводом СИП-4  $4 \times 70 \text{ мм}^2$  до шкафа ЩУ (щит учета) для учета электроэнергии, затем от щита учета до шкафа наружного освещения. Шкаф учета и шкаф наружного освещения будут располагаться на опоре №19. В шкафу наружного освещения будет осуществляться подключение и управление линией освещения [24], которая будет делиться на два фидера (рисунок 13). Первый фидер будет включать в себя 42 светильника Galad Омега LED-120-ШБ/У60, размещенных на опорах с 1 по 19, второй фидер будет включать в себя 80 светильников Galad Омега LED-120-ШБ/У60, размещенных на опорах с 20 по 56.

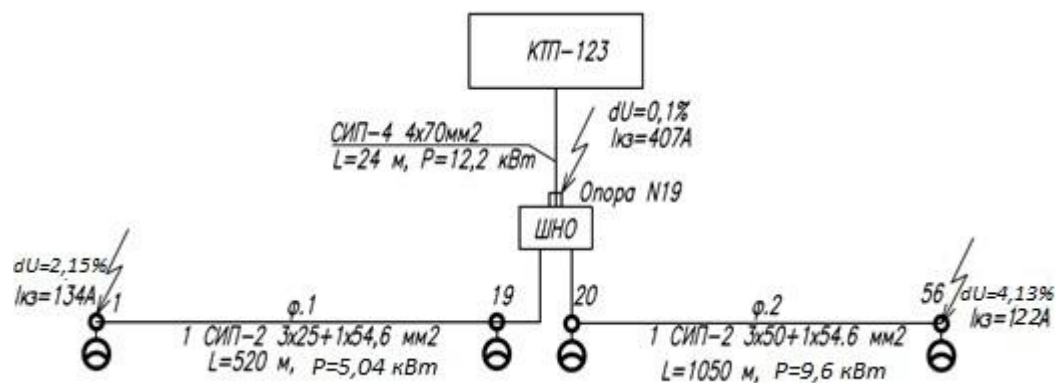


Рисунок 13 – Расчетная схема наружного освещения

## **8 Зарубежный опыт освещения автомобильных дорог и населенных пунктов светодиодными светильниками**

В Европе, Азии и Соединенных Штатах Америки уже давно практикуют использование светодиодного освещения во всех аспектах жизни, особенно, эта тенденция наблюдается в улично-дорожном освещении городов, улиц и автомобильных дорог, которые в темное время суток должны быть качественно освещены.

В современных странах к светодиодному освещению пришли намного раньше, чем в России и связано это с тем, что в мире существует тенденция, что из минимума нужно получить максимально возможную выгоду.

### **8.1 Реализация интеллектуальной системы светодиодного освещения в г. Губен, Германия**

Город Губен в Бранденбурге, Германия [28], отремонтировал дорожное освещение в 2013 году и модернизировал световые точки до современных энергосберегающих светодиодных технологий. Около 550 светодиодных светильников Streetlight 10 в версии Premium от дочерней компании OSRAM Siteco были установлены в полном городском районе. Это позволяет Guben экономить примерно 60% энергии по сравнению со старой системой.

Старая система освещения возникла частично из Восточной Германии и использовалась с устаревшими и неэффективными источниками света. Также не было возможности управлять освещением в соответствии с потребностями: для экономии энергии каждый второй светильник выключался в некоторых секциях каждую ночь, создавая опасные темные зоны.

Благодаря новому светодиодному решению не только значительно улучшилось качество света, но и город теперь экономит примерно 60% энергии и CO<sub>2</sub>. Из-за высокого уровня энергосбережения установка новых



светильников была субсидирована Федеральным министерством окружающей среды, охраны природы и ядерной безопасности Германии.

Чтобы максимально использовать потенциал экономии светодиодов, все светильники были интегрированы в интеллектуальную систему управления освещением и соединены между собой. Уличное управление освещением дает возможность учитывать индивидуальные, специфические требования на месте. Система управления освещением позволяет контролировать отдельные светильники, а также комплектные группы светильников (например, на участках дорог или в городских районах) в соответствии с требованиями и осуществлять централизованный мониторинг.

В зонах движения персонала крупной промышленной компании с многосменной работой уровни диммирования и время диммирования светильников были установлены так, чтобы учитывать большее количество людей в смену в ночное время, соответственно увеличивая уровни освещения в конкретные сектора. Результатом является очень индивидуальное и, следовательно, очень эффективное, оптимизированное по стоимости световое решение, обеспечивающее высокое качество света во всей области ремонта

## **8.2 Реализация интеллектуальной системы светодиодного освещения в г. Зинген, Германия**

Крупный районный город Зинген в Германии [29] отремонтировал дорожное освещение, и уже на первом этапе строительства большая часть осветительных приборов была переведена на современные светодиодные технологии. Было установлено около 2700 светодиодных светильников Streetlight 10 от дочерней компании OSRAM Siteco. Это позволяет Singen экономить приблизительно 60% энергии по сравнению со старой системой.

Как и во многих других городах и районах, в основном люминесцентные лампы и неэффективные ртутные лампы высокого давления до сих пор обеспечивали свет для дорог Сингена. В соответствии с

поэтапным сокращением этих источников света с 2015 года и далее в рамках законодательства ЕС город использовал возможность не только устойчиво модернизировать, но и заменить разнообразную коллекцию из 64 различных типов светильников единой и последовательной концепцией светильников.

По всей городской территории было установлено около 2700 светодиодных светильников Streetlight 10 от дочерней компании OSRAM Siteco. В зависимости от задачи освещения и типа дороги используются три различных размера конструкции:

Уличный свет 10 мини / миди светодиодов для основных транспортных магистралей, сбора дорог, автомагистралей и промышленных и коммерческих зон.

Новые светодиодные светильники имеют значительно более длительный срок службы до 50 000 часов, а это означает, что затраты на обслуживание и ремонт в свою очередь снижаются. Чтобы максимально использовать потенциал экономии светодиодных технологий, все светильники были оснащены интеллектуальной системой управления. Установленный пакет производительности «Плюс» может настраивать световой поток с помощью Siteco Service Box индивидуально в соответствии с потребностями.

Районный совет Сингена определил для своих светодиодных светильников замену обычного света до 5000 Кельвин на более теплый нейтральный белый свет на 4000 Кельвин - хороший компромисс между эффективностью холодного светового цвета и приятными световыми эффектами более теплого цвета тон.

На первом этапе строительства было установлено 3670 новых светодиодных светильников, а в 2014 году планируется заменить еще 1580 светильников. Это делает Синген одним из крупнейших в Германии модернизаторов светодиодной технологии для наружного освещения.

Ожидается, что экономия электроэнергии составит около 1,1 миллиона киловатт-часов в год. Из-за высокого уровня энергосбережения установка

новых светильников поддерживается Федеральным министерством охраны окружающей среды и защиты окружающей среды.

### **8.3 Реализация интеллектуальной системы светодиодного освещения в г. Бенсхайм, Германия**

Южный гессенский город Бенсхайм в Германии [30] верит в традиции, но одновременно нацелен на технический прогресс - с помощью светодиодных модулей для линейки светильников BELL и высокоэффективных светодиодных дорожных светильников семейства Streetlight 10 LED.

Общественное освещение является важной и необходимой частью инфраструктуры, а также частью энергетического / экологического баланса. Это вопрос сочетания качества света и энергоэффективности. Светодиодные решения являются эффективными, гибкими и инновационными и обеспечивают новые перспективы во всех областях - потребление энергии, усилия по обслуживанию, качество света, контроль и дизайн.

За последние два года более 3400 световых точек были модернизированы до светодиодной технологии дочерним предприятием Osco Siteco и поставщиком энергии GGEW AG. Для освещения основных и вспомогательных дорог было установлено около 3000 светодиодных светильников Streetlight 10, а существующие светильники типа Bell в центре города были модернизированы до светодиодной технологии. Таким образом, город сокращает свои расходы на электроэнергию примерно на 40% по сравнению со старой системой - качество света также значительно улучшается.

Все три конструкции светодиодов Streetlight 10 использовались в Бенсхайме в соответствии с конкретной задачей и типом дороги. В жилых помещениях были установлены версии Micro и Mini с 4000 Кельвинами светлого цвета, обеспечивающие оптимальное освещение на улицах и дорожках. Определялась чрезвычайно широкая оптическая система

распределения света из-за часто большого расстояния между мачтами. Основные транспортные магистрали, такие как Берлинское кольцо и кольцевые развязки, освещены миди, крупнейшего строительного размера.

Город хотел сохранить привычный городской вид в центре города и пешеходной зоне, а это значит, что более 400 существующих светильников типа Bell с их традиционным дизайном были сохранены и просто модернизированы до инновационных светодиодных технологий. Только несколько щелчков запястья были необходимы, чтобы заменить коробку передач (с лампой и ЭКГ) эффективными светодиодными модулями. Регулярная замена, как и в случае обычных ламп, больше не требуется из-за длительного срока службы светодиодных модулей. По сравнению с натриевой технологией, использовавшейся ранее, светодиодное решение обеспечивает улучшенную цветопередачу и лучшее качество света. Тёплый белый светлый цвет 3000 кельвинов, заданный для центра города и пешеходной зоны, создает приятную световую атмосферу и очень популярен среди жителей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оборудование искусственным освещением является одной из главных и приоритетных задач при строительстве новых автомобильных дорог различной значимости или при оборудовании искусственным освещением уже построенных дорог. Правильно спроектированное искусственное освещение автомобильных дорог, по всем нормам и ГОСТам с применением новых технологий, а также современного оборудования, позволит обеспечить качественное освещение дорожного полотна, которое будет соответствовать не только Российским, но и мировым стандартам качества освещенности дорог. Тем самым поможет снизить количество дорожно-транспортных происшествий, снизить риск возникновения противоправных действий, а значит сохранить жизнь тысяч людей, которые передвигаются на личном автотранспорте по дорогам общего пользования.

На сегодняшний день Республика Крым является туристическим центром России, в летний период за 2018 год Республику Крым посетило более 6 миллионов человек, практически каждый из которых передвигался по Крымскому полуострову на личном автомобиле, общественном транспорте или на туристических рейсовых автобусах. Это означает, что ситуацию с критической нехваткой освещения дорожной сети Республики Крым необходимо исправлять в ближайшем будущем.

В результате работы была проанализирована текущая обстановка и состояние наружного освещения автодорог, а также достигнуты следующие результаты:

- показатель освещенности дорожного полотна выше требуемого на 3,6 лк;
- участок автомобильной дороги 35 ОП РЗ 35К-023 Восточный обход г. Симферополя 0+000 – 1+500 освещает 122 светодиодных светильника на 56 опорах, за счет использования опор марки СФГ-700;

- использование светодиодных светильников Galad Омега LED-120-ШБ/У60 позволит экономить электроэнергию, а также многократно увеличит интервал замены осветительного оборудования, а также повысит его надежность;

- применение автоматической системы управления наружным освещением обеспечит качественное управление освещением, а самое главное обеспечит рациональное потребление электроэнергии.

- разделение линии освещения на два фидера, позволило сэкономить на проводе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ;
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 7, 2001 - 2004 гг.;
3. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95;
4. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89;
5. СН 541-82 Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов;
6. ГОСТ Р 55706-2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы;
7. ГОСТ Р 50571.7.714-2014 Электроустановки низковольтные. Часть 7-714. Требования к специальным электроустановкам или местам их расположения. Установки наружного освещения;
8. ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний;
9. ГОСТ Р МЭК 60598-2-3-99 Светильники. Часть 2. Частные требования. Раздел 3. Светильники для освещения улиц и дорог;
10. ГОСТ Р 55707-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы измерений нормируемых параметров;
11. ГОСТ 26824-2010 Здания и сооружения. Методы измерения яркости;
12. ГОСТ Р 54944-2012 Здания и сооружения. Методы измерения освещенности;
13. ГОСТ Р 55708-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы расчета нормируемых параметров;

14. Суворова, И.А. Электротехнологические промышленные установки и освещение : учеб. пособие для вузов / И.А. Суворова. Вятский гос. ун-т. - ВУЗ: Изд-во - Киров: ВятГУ, 2007. - 97 с.;
15. Кнорринг, Г.М. Осветительные установки / Г.М. Кнорринг. - Л.: Изд-во Энергоиздат, 1981.-288 с.;
16. Вахнина, В.В. Электроснабжение промышленных предприятий и городов: учеб.-метод. пособие для практических занятий и курсового проектирования / В.В. Вахнина, А.Н. Черненко. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2007. - 54с.;
17. Барыбин, Ю.Г. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю.Г. Барыбин. - М.: Изд-во Энергоатомиздат, 1990 - С. 576.;
18. Цакунов С. В. «О разработке, финансировании и реализации программ модернизации городского освещения в Российской Федерации»;
19. Гурьев А.В. «Системы автоматизированного управления наружным освещением», Гурьев А.В., Букварев Е.А., Нижегородский государственный технический университет, информация компании ООО "НПО "МИР";
20. Проскурин О.А. «Автоматизированные системы управления наружным освещением. Опыт Москвы», журнал «Энергосовет» № 2 (15), 2011 г.;
21. Построение систем передачи информации по проводам питающей сети / В.И. Константинов, Е.В. Вставская, Т.А. Барбасова, Костарев Е.В. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». - 2011. - Вып. 14, №23 (240). - С. 60-65;
22. Gaty, L.R. Calculation of short circuit current / L.R. Gaty // Journal of IEEE. – 2014. – Vol. 74. – No. 2. – Pp. 200 – 205
23. Curry, J.M. In-house power supply of enterprises / J. M. Curry // International Journal of Scientific & Engineering Research. – 2015. – Pp. 720 –



24. Soler, M.K. Methodology for multiobjective optimization of the AC railway power supply system / M.K. Soler // Journal of IEEE. – 2013. – Pp. 531 – 542;

25. Wang, B.C. Power supply / B.C. Wang // Power Systems, IEEE Transactions on. – 2014. – Pp. 350 – 357;

26. Rebours, Y. G. A survey of frequency and voltage control ancillary services - Part I: Technical features/ Y. G. Rebours // Power Systems, IEEE Transactions on. – Pp. 230 – 242;

27. Каталог продукции Galad, светодиодный светильник Galad Омега LED-120-ШБ/У60 [Электронный ресурс] : <http://galad.ru/catalog/outdoor/street/omega/> (дата обращения: 13.03.2019).

28. Примеры проектов по внедрению светодиодных светильников в г. Губен [Электронный ресурс] : <https://www.osram.com/ls/projects/city-of-guben/index.jsp> (дата обращения: 13.04.2019).

29. Примеры проектов по внедрению светодиодных светильников в г. Синген [Электронный ресурс] : <https://www.osram.com/ls/projects/city-of-singen/index.jsp> (дата обращения: 13.04.2019).

30. Примеры проектов по внедрению светодиодных светильников в г. Бенсхайм [Электронный ресурс] : <https://www.osram.com/ls/projects/city-of-bensheim/index.jsp> (дата обращения: 13.04.2019).