

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

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

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

Электроснабжение
(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Проектирование системы наружного электроосвещения скоростной
автомобильной дороги Москва-Санкт-Петербург

Студент	<u>А.И. Горюнов</u> (И.О. Фамилия)	<u>_____</u> (личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., Д.А. Кретов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	<u>_____</u>
Консультант	<u>к.п.н., А.В. Кириллова</u>	<u>_____</u>

Тольятти 2020

АННОТАЦИЯ

В данной квалификационной работе: «Проектирование системы наружного электроосвещения скоростной автомобильной дороги Москва-Санкт-Петербург».

Пояснительная записка состоит из 54 страниц, введения, включая 20 рисунков и 3 таблицы, 7 разделов, списка из 21 источника литературы, в том числе 5 источников на иностранном языке и графической части на 6 листах формата А1.

Главная задача бакалаврской работы состоит из проектирования освещения на скоростной автомобильной дороге М11 от г. Москвы до г. Санкт-Петербурга протяженностью 669 км. В данной работе мы поднимаем вопрос о проблеме электроснабжения осветительных установок на удаленных участках трассы.

Миссия работы заключается в разработке проекта для обустройства автомагистрали «Нева» комплексами освещения для безопасного и комфортабельного передвижения на примере участка дороги с 15 по 58 км.

По итогу исследования, мы рассматриваем работу зарубежных специалистов их экономически-успешный опыт в освещении автомагистралей светодиодными лампами, использование которых приводит к многократной экономии на электричества и в несколько раз улучшает энергоэффективность.

Актуальность работы заключается не только в решении проблемы благоустройства автомагистрали М11, но и на всех дорогах Российской Федерации могут быть внедрены подобные технологические и конструктивные решения.

ABSTRACT

In this graduation work which is devoted to “Design of an external electric lighting system for a high-speed road Moscow-Saint-Petersburg”.

That graduation project consist of an explanatory note on 54 pages, introduction, including 20 figures and 3 tables,7 sections, the list of 21 references including 5 foreign sources and the graphic part on 6 A1 sheets.

The main task of the graduation work is lighting design on the highway M11 from Moscow to St. Petersburg with a length of 669 km.

We touch upon the power supply problem of lighting installations in remote parts of the route. We also need to examine mission of the work which consists in the development of the project for the arrangement of the highway «Neva» lighting complexes for reliable and convenient movement on the example of a road part from 15 to 58 km.

In conclusion we'd like to consider the work of foreign experts their economically successful experience in highway lighting with LED bulbs,using which leads to multiple savings on electricity and several times improves energy efficiency.

The relevance of this work is not only in solving the problem of improvement the highway M11 but also on all roads of Russia Federation could be introduced similar technological and design solutions

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Характеристика скоростной автомобильной дороги Москва-Санкт-Петербург.....	7
1.1 Характеристика автомагистрали.....	7
1.2 Природно-климатические условия.....	7
1.3 Обоснование необходимости освещения участка автомагистрали «Нева» с 55-ого по 57-ой километр трассы.	8
1.4 Характеристика проектируемого участка автомагистрали «Нева».....	8
1.5 Вывод по первому разделу.....	9
2 Определение перечня осветительных установок скоростной автомобильной дороги.....	10
2.1 Анализ существующего освещения.....	13
2.2 Нормы освещенности автомобильных дорог.....	13
2.3 Требования к осветительным приборам магистрального освещения.....	15
2.4 Классификация приборов дорожного освещения.....	15
2.5 Вывод по второму разделу.....	19
3 Расчет освещенности аварийно-опасного участка автомагистрали «Нева»	20
3.1 Выбор числа светильников.....	20
3.2 Расчет освещенности в программе Light-in-night Road.....	21
3.1 Вывод по третьему разделу.....	24
4.1 Выбор КТП.....	27
4.1.1 Отопление и вентиляция.....	29
4.1.2 Электрооборудование.....	30
4.2 Выбор силовых трансформаторов.....	30
4.3 Учет электроэнергии.....	33
4.4 Защитные меры безопасности.....	35
4.5 Вывод по четвертому разделу.....	35
5 Выбор способов прокладки и монтажа питающих линий.....	36

5.1 Характеристики СИП.....	37
5.2 Правильная прокладка СИП	37
5.3 Выбор сечения провода	39
5.4 Выбор выключателей.....	40
5.5 Вывод по пятому разделу	41
6 Автоматизация системы наружного освещения	42
6.1 Система автоматизации управления наружным освещением	42
6.2 Вывод по шестому разделу.	45
7. Анализ зарубежного опыта освещения автомобильных дорог и населенных пунктов светодиодными светильниками	46
7.1 Реализация интеллектуальной системы светодиодного освещения в г. Барселона, Испания.....	46
7.2 Модернизация освещения в г. Хельсинки, Финляндия	46
7.3 Проект капитального ремонта проспекта Сабино-Арана, Бильбао, Испания	49
7.4 Вывод по седьмому разделу.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	52

ВВЕДЕНИЕ

Уличное освещение на сегодняшний день многофункционально и разнообразно, в отличие от внутренней подсветки жилых и нежилых помещений. Правильное освещение магистралей и дорог – очень важная задача для любого населенного пункта. Даже незначительные нарушения могут привести к резкому увеличению числа чрезвычайных происшествий, в которых могут пострадать как автомобилисты, так и пешеходы. Именно поэтому освещение автодорог производится в соответствии с ГОСТ, СП и СНиП.

В России большинство автодорог не оборудовано искусственным освещением, по статистике до 30% аварий происходит из-за отсутствия, недостаточности или неисправности освещения. Многочисленные зарубежные исследования подтверждают данную взаимосвязь: качество освещения дороги прямо пропорционально количеству ДТП.

Основная проблема активного распространения наружного освещения состоит не в стоимости установки сети, а сколько в её содержании. Дорожное освещение в нашей стране потребляет около 5.5 млрд. кВт в год. В масштабах страны — это 0.5%, но в экономическом плане эта цифра превращается в 22 млрд. рублей.

Решением всех этих проблем является внедрение интеллектуальных систем управления и новые типы световых приборов, как правило, светодиодные лампы. В свою очередь ИСУ будет контролировать яркость освещения и загруженность трассы, а у светодиодных ламп меньшее энергопотребление, мощность освещения и срок службы гораздо больше. За счёт этого столбы можно размещать на большее расстояние, что в свою очередь снизит потери на мощности линий энергообеспечения.

1 Характеристика скоростной автомобильной дороги Москва- Санкт-Петербург

1.1 Характеристика автомагистрали

Общая протяжённость трассы составляет 684 километра, техническая категория автомагистрали (IA), количество полос для движения варьируется в диапазоне от четырех до десяти, ширина полосы согласно ГОСТ равна 3,75 метра, а ширина разделительной полосы 5 м, в свою очередь ширина обочины составляет 3,5 метра. Расчётная скорость движения равна 130 км/час. На рисунке 1 представлена полная схема автомагистрали М11 «Нева».



Рисунок 1 – Схема автомагистрали М11 «Нева»

1.2 Природно-климатические условия

Трасса проходит по четырем областям России, климат которых варьируется от умеренно континентального (Московская, Тверская) до

морского (Новгородская область, Ленинградская область), что значительно влияет на требования к проектированию освещения.

1.3 Обоснование необходимости освещения участка автомагистрали «Нева» с 55-ого по 57-ой километр трассы.

Как оказалось, на автомагистрали, где максимальная скорость составляет 130 км/ч, спроектировано освещение только развязок и точек сбора денег за проезд. Многие водители и эксперты считают, что аварийно-опасные участки также должны быть освещены одним из таких и является участок трассы с 55-57 километр.

1.4 Характеристика проектируемого участка автомагистрали «Нева»

Дорожное полотно состоит из 4-х полос, ширина каждой полосы 3,75 м, общая ширина 15 м, Координаты дороги и длина проектируемого участка представлено на ситуационном плане. (Рисунок 2)

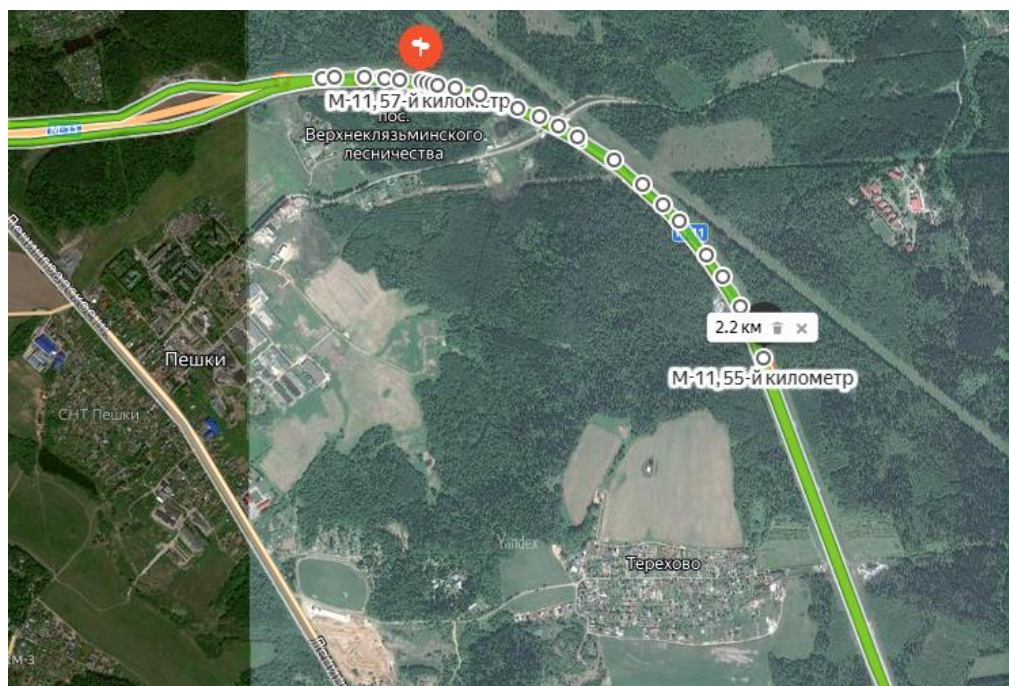


Рисунок 2 – Ситуационный план и проектируемый участок искусственного освещения

Ситуационный план, обычно состоит из снимка карты или навигатора, на котором с помощью условных графических обозначений, указан тот или иной участок предполагаемого строительства или реконструкции чего-либо.

1.5 Вывод по первому разделу

В первом разделе мы изучили характеристику автомагистрали, узнали количество полос движения, максимальную скорость и протяженность всей автомагистрали.

Так же были определены климатические условия района проектирования, что непосредственно отражается на последующих выборах проводов и световых опор.

В двух последних пунктах раздела мы выбрали участок трассы для установки на него нового светового оборудования, обосновали свой выбор именно данного участка и составили ситуационный план.

2 Определение перечня осветительных установок скоростной автомобильной дороги

Установка искусственного освещения для автомобильных дорог это одна из главных ролей в безопасном дорожном движении, оно позволяет водителям и пешеходам, верно, оценить дорожную ситуацию для принятия решений в управлении транспортным средством и передвижениям по дороге.

В наше время системы освещения автомобильных дорог, проезжих частей и улиц продвинулись далеко вперед и продолжают развиваться. Но освещение данных дорог всего имеет три вариации монтажа осветительных столбов [7].

В первый вариации – представлена центральная схема расположения фонарных столбов (рисунок 3). Используется в тех местах, где нет возможности установки опор на обочине, наиболее часто находит применение в местах, где дорожное полотно значительно выше поверхности земли, зачастую, это мосты и эстакады, а также данный способ пользуется популярностью при строительстве новых и больших развязок или автомагистралей.

К преимуществам этого способа можно отнести, что он обеспечивает равномерное освещение дорожного полотна и позволяет сэкономить бюджетные средства на количестве опор освещения. Но эта схема ограничивается возможностью использования на четырех полосных дорогах. Разрешено применять данный способ освещения, только если ширина разделительной полосы будет равной 4 метра. Электроснабжение фонарных опор возможно только в кабельном исполнении.



Рисунок 3 – Центральное расположение фонарных столбов

Что в свою очередь сильно увеличивает стоимость данного способа освещения, а также обязательно должен быть установлен оградительный барьер с обеих сторон, все это необходимо на случай возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Вторым вариантом искусственного освещения автомобильной дороги является односторонняя схема расположения фонарных столбов (рисунок 4). Данный способ самый распространенный, в России этим вариантом освещено более половины автодорог нашей страны. Единственный недостаток у этого способа — это неравномерное освещение дороги, так как вторая её сторона всегда будет освещена сильнее другой. В остальном он считается самым экономичным и легким. Чаще всего используют для трех полосных дорог.



Рисунок 4 – Односторонняя схема расположения фонарных столбов

Третьим вариантом освещения дорожного полотна является двусторонняя схема расположения (рисунок 5). Данный вариант освещения дороги можно назвать самым лучшим, но и самым затратным, зачастую, его применяют автомагистралях с количеством полос от четырех до восьми.



Рисунок 5 – Двусторонняя схема расположения фонарных столбов

2.1 Анализ существующего освещения

В 2020 году во многих городах нашей родины качество освещения дорожного полотна ниже требуемой нормы в 2 – 3 раза, по причине того, что вариации осветительных приборов давно не соответствуют современным требованиям. В них используются неэффективные лампы [1] (лампы накаливания имеют светоотдачу в 12лм/Вт, а ртутные 55 лм/Вт), и у них низкий срок службы около 1.5 лет.

В нашем случае при определении перечня осветительных установок мы будем опираться на современные решения, и рассматривать к установке светодиодные лампы на фонарные столбы, расположенные как с двух сторон, так и в центральной части дорожного полотна в зависимости от количества полос на каждом участке.

2.2 Нормы освещенности автомобильных дорог

Для любого участка дороги, как и в населенных пунктах, так и за их пределами, освещение дорог очень важная миссия.

Недостаточное освещение (его полное отсутствие, низкое качество, нарушение норм, ГОСТов и т.д.) может привести к увеличению потенциально опасных ситуаций на дорогах и улицах населенных пунктов, которые зачастую заканчиваются трагически.

Для этого и существуют строгие критерии, 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 обязательно исполняться при проектировании [5] освещения дорог и автомагистралей в населенных пунктах. СНиП содержит в себе строгие 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 автомагистралей и прилегающей территории с плотным автомобильным трафиком необходимо проектировать согласно нормам приведенных в таблице 1, а также средняя яркость скоростных дорог должна равняться 2 кд/м² и быть не меньше 1,0 кд/м² вне границ городов в независимости от интенсивности дорожного движения.

Таблица 1 – Нормы средней яркости и освещенности усовершенствованных покрытий

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

2.3 Требования к осветительным приборам магистрального освещения

В первую очередь от правильного выбора светильника и его расположения зависит качество дорожного освещения. Подбор осветительной аппаратуры для автомагистрали регламентирует ГОСТ.[8] Для системы наружного освещения светильники должны отвечать следующим требованиям:

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 влагозащищённости (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.

Зачастую световые приборы производятся с подвесным креплением, которое даёт возможность закрепить их на специальных опорах (светильники консольного типа). Расстояние между опорами должно быть в промежутке от 30 до 50 метров [10], а их высота может изменяться от 7 до 16 метров в зависимости от проекта.

2.4 Классификация приборов дорожного освещения

В освещении автомобильных дорог, исходя из категории, применяют различные варианты освещения, чаще всего используют рефлекторное освещение с отражающей поверхностью внутри светильника, данный способ создаёт сильные потоки направленного света на автомагистралях и крупных

автострадах, а мощность варьируется в пределах от 250 до 400 Вт [9]. На дорогах второстепенного типа применяется как рефлекторное, так и рассеянное освещение с мощностью фонарей в 70 – 250 Вт. Форма таких светильников, как правило, прямоугольная. На рисунке 6 изображена лампа ДРЛ, принцип её работы выглядит следующим образом. Когда на изделие подается электроэнергия, между основным и зажигающим электродом образуется тлеющий разряд. Элементы расположены так близко друг к другу, что обеспечивают более низкое напряжение для пробоя. Тлеющий разряд практически моментально становится дуговым. Электрические и световые качества лампы становятся устойчивыми спустя 10 — 15 минут после подачи энергии. В этот период ток превышает номинальные значения (для ограничения задействуется пускорегулирующий аппарат). Пусковой режим во многом зависит от окружающей температуры — на морозе лампочка дольше «запускается».



Рисунок 6 – Лампа ДРЛ

Температура цвета всех ламп ДРЛ находится в пределах 4200-4500К, характеризуется специфическим холодным свечением. От момента пуска и до полной мощности свечения требуется в среднем 4-6 минут. После прекращения подачи электроэнергии повторное включение невозможно, так как необходимо время для остывания кварцевой колбы. Индекс

цветопередачи составляет 40-59, которого вполне хватает для уличного освещения.

К преимуществам ламп относят их не высокую стоимость по сравнению с, ДНаТ и светодиодными светильниками, в остальных пунктах лампы ДРЛ с такими же характеристиками мощности будут уступать во всех остальных параметрах вышеперечисленных ламп.

Лампы типа ДНаТ (дуговая натриевая трубчатая, рисунок 7) являются альтернативой ДРЛ источников при выборе освещения для улиц и магистралей. Она является самой распространенной лампой в мире по освещению улиц и автомобильных дорог. Принцип работы в корпус лампы размещают горелку из оксида алюминия. Её заполняют смесью газов (амальгама натрия, ксенон). Именно в ней колбе происходит весь цикл работы источника света. Для функционирования ей необходим ИЗУ (зажигающее устройство) и электронный балласт (дрессель). После включения лампы зажигающий прибор генерирует импульсы с напряжением в лампочку. В свою очередь в парах натрия образуется электронный заряд в виде дуги. По итогу источник света излучает желто-оранжевый свет. Однако сразу после запуска лампа работает слабо, так как горелке нужно время на разогрев. Примерно через 5 – 10 минут свет становится ярким. На практике получается увеличения светового потока в сравнении с ДРЛ примерно в 1.5 раза. Характерной чертой натриевых ламп является то, что у них цветовая температура равна 2000К, с ярким желто-красным свечением. В связи с этим использование данных светильников имеет смысл только на улицах и магистралях, где нет требуемых показателей к цветовой температуре.



Рисунок 7 – Лампа ДНаТ

Самым инновационным решением проблем освещенности, как улиц, так и автомагистралей являются светодиодные светильники (рисунок 8), они постепенно заменяют лампы ДРЛ, ДНаТ и ДРИ из нашего обихода.



Рисунок 8 – Светодиодный светильник консольного типа

В настоящий момент, светодиоды самый оптимальный вариант по уличному освещению, аргументируется это высокой экономичностью и долгим временем службы, достигающим до 100000 часов. Потребление электричества при генерации эквивалентного светового потока приблизительно в три или даже четыре раза ниже. Цветовая температура таких источников наиболее приближена к комфортной и составляет 4000К. Светодиодным светильникам не нужны большие пусковые токи и питающие кабели с большим сечением, они неприхотливы к механическим

воздействиям и имеют возможность эксплуатироваться в широком температурном диапазоне от -60 до +50. Единственным недостатком на сегодняшний день является цена, которая превосходит цену ламп ДРЛ и ДНаТ в десятки раз. С другой стороны, если использовать данное световое оборудование с интеллектуальной системой управления в будущем они окупят себя и позволят многократно сэкономить на расходе электроэнергии.

2.5 Вывод по второму разделу

Во втором разделе были рассмотрены варианты установки световых опор, такие как двусторонняя, односторонняя и центральная. Произведен анализ существующего освещения. Изучены различные положения, ГОСТ и СНИП для определения норм освещенности магистрального дорожного полотна. Так же были рассмотрены различные варианты исполнения осветительного оборудования, а именно лампы ДРЛ, ДНаТ и светодиодный светильник.

3 Расчет освещенности аварийно-опасного участка автомагистрали «Нева»

3.1 Выбор числа светильников

Для освещения данного участка выберем светодиодные светильники Galad Волна LED 250-ШБ1/У50. [18] Светодиодные светильники по всем характеристикам превосходят остальные варианты освещения.

Во-первых, светодиодные светильники потребляют в 2 раза меньше энергии, чем люминесцентные лампы и в 10 раз экономичнее ламп накаливания.

Во-вторых, надежность, если освещать дорожное полотно, только в ночное время, то такой светильник прослужит 25-30 лет.

В-третьих, светодиодные светильники, легко интегрируются в интеллектуальную систему управления и так же их можно диммировать.

Диммер - устройство, с помощью которого, регулируется яркость, это означает, что в различное время дня и ночи можно установить определенную яркость необходимую в данном случае и экономить электроэнергию.

Марку Galad выбрали исходя из следующих параметров таких как: надежность, стоимость, защищенность, отечественного производства, возможность интегрирования в ИСУ.

Galad Волна LED 250-ШБ1/У50 имеет следующие характеристики:

- номинальная мощность 250 Вт
- частота питания 50 Гц
- световой поток 28000 лм
- цветовая температура 4000 К
- степень защиты от влаги и пыли IP65

Совместно предусматривается установка силовой граненой опоры СФГ-700(90)-9,0-01-ц – металлическая конструкция, используется для установки светового оборудования и подводки к нему кабельной системы. Кроме того конструкция таких опор позволяет при необходимости

производить и внутренний подвод кабельной системы. Установка опор СФГ-700(90)-9,0-01-ц возможна на площадках различного назначения.

Обеспечение работы светотехнического оборудования посредством подвеса СИП имеет несколько преимуществ. Так как электрокабель в данном случае подводится по воздуху, появляется возможность отказаться от проведения дополнительных работ с грунтом. Так как в некоторых районах такие работы невозможны из-за характеристик подземных вод и плотности и особенностей близлежащей застройки, силовой характер фонарных столбов значительно расширяет возможную сферу их применения. Опоры устанавливаются в заранее вырытый котлован и заливаются бетоном марки БСТ В30 П4 (F2)300W12 (гранит, фр. 5-20), классифицирующийся как бетон для транспортного строительства (бетон в солях). Использование опор в сочетании с данным бетоном 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.

Исходя, из светотехнического расчёта в программе Light-in-night Road, на каждую опору будет устанавливаться один светильник Galad Волна, опоры будут расставлены по двусторонней схеме и находиться на расстоянии от 33 до 34 метров, в связи с различными коммуникациями и спецификой прилегающей территории. На рисунке 9 представлена схема расстановки опор согласно программе Light-in-night Road.

В сумме будет установлено 134 опор и соответственно 134 светильников.

3.2 Расчет освещенности в программе Light-in-night Road

Light-in-night Road специализируется на расчёте освещения для автомобильных дорог.

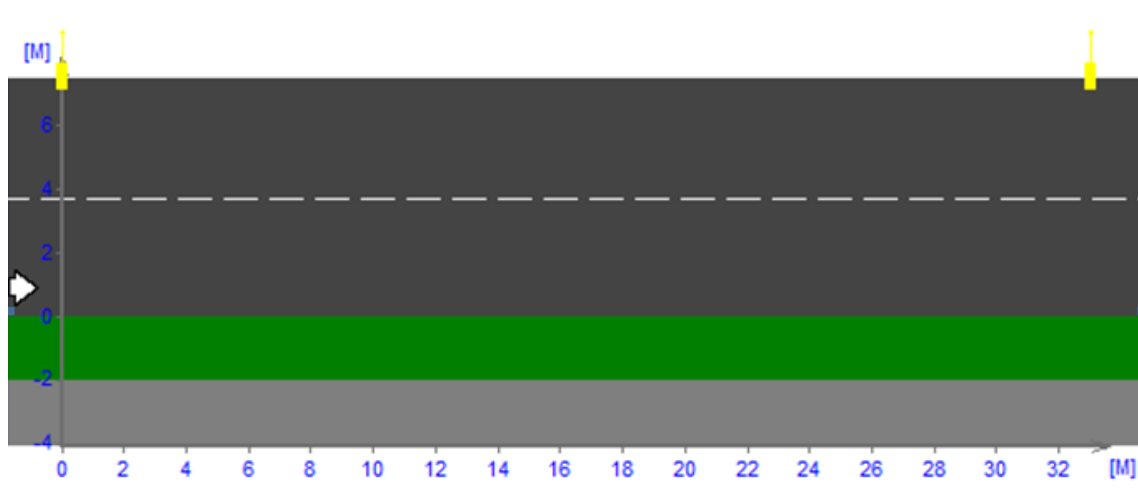


Рисунок 9 – Схема расстановки опор для одной части дороги

Таблица 2 – Результаты светотехнического расчета из программы Light-in-night Road.

Показатели яркости		Рез-т		Норма
Средняя, кд/м ²	L _{ср}	2.03	(+)	≥ 2,0
Коэффициент общей равномерности	L _{мин} /L _{ср}	0.71	(+)	≥ 0,4
Коэффициент продольной равномерности	L _{мин} /L _{макс}	0.79	(+)	≥ 0,7
Показатели освещенности				
Средняя, лк	E _{ср}	31.6	(+)	≥ 30
Максимальная, лк	E _{макс}	50,3		
Минимальная, лк	E _{мин}	12,8		
Коэффициент равномерности	E _{мин} /E _{ср}	0.41	(+)	≥ 0,35
Отношение максимальной к средней	E _{макс} /E _{ср}	1,6		
Другие показатели				
Показатель ослепленности, %	P	59		
Пороговое приращение яркости, %	TI	10.0	(+)	≤ 10.0
Коэффициент использования по освещенности	UE	0,42		

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.[3]

На рисунке 10 обозначены линии освещенности на дорожном полотне меж двух светильников установленных на опорах.

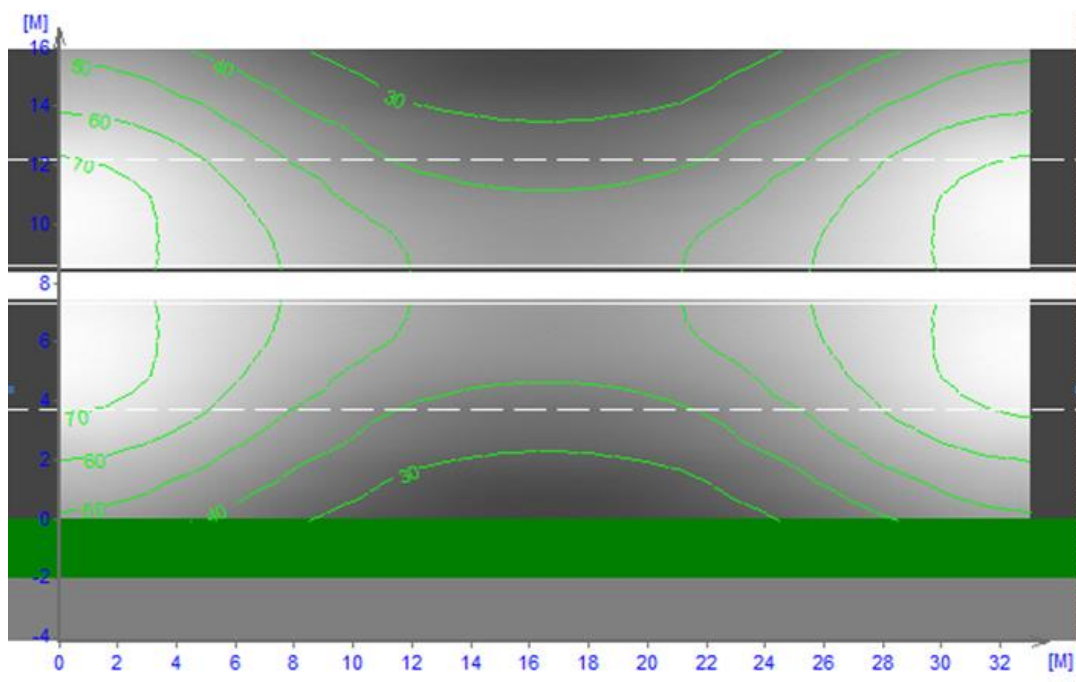


Рисунок 10 – График распределения освещенности

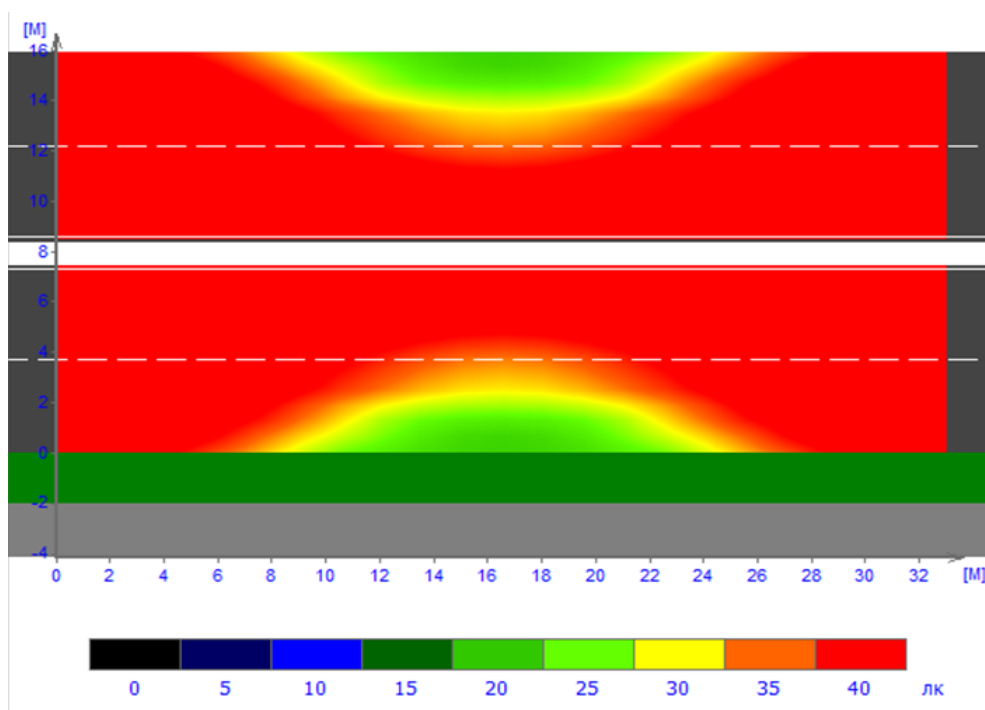


Рисунок 11 – График распределения освещенности по зонам

На рисунке 11 представлен график распределения освещённости по зонам между двух световых опор составленный программой Light-in-night

3.3 Вывод по третьему разделу

В третьем разделе был произведен выбор светильников. Были выбраны светодиодные светильники марки Galad Волна LED 250-ШБ1/У50.

Произвели светотехнический расчет, по результатам которого было определено количество устанавливаемых светодиодных светильников. К установке принято светодиодных светильников в количестве 134 штук.

Выбрана программа Light-in-night для расчета системы освещения аварийного участка автомобильной дороги.

С помощью программы Light-in-night определено расстояние между опорами освещения, которое составило 33 метра.

Также рассмотрели способ монтажа опор и выбрали примерный кабель для их соединения.

4 Расчёт электроснабжения системы наружного освещения проектируемого участка

Опираясь, на СП 52.13330.2011. [3] выясняется, что наша дорога относится к категории автомагистрали А1, исходя из этого согласно ПУЭ [2] ей присваивается вторая категория потребителя, что в свою очередь означает необходимость резервной питающей линии.

Основную линию проведем от ПС 110/35/10 кВ Поварово, которая находится в одноименном посёлке Поварово городского округа Солнечногорск Московской области. Её протяженность будет составлять 8280 м. На рисунке 12 представлена схема основной питающей линии.



Рисунок 12 – Схема основной питающей линии

Резервная линия будет исполнена от ТП 10/0.4 в деревни Пешки городской округ Солнечногорск Московская область. Её протяженность в свою очередь составляет 2120 м. На рисунке 13 представлена схема прокладки резервной питающей линии.

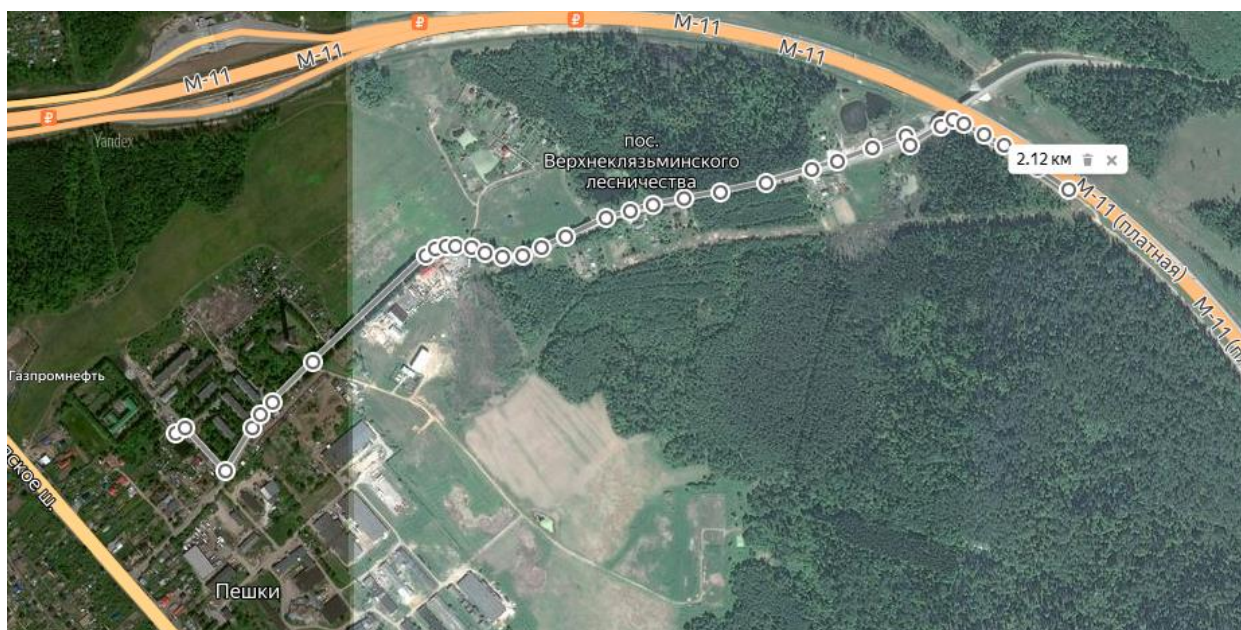


Рисунок 13 – Схема резервной питающей линии

Линии будут выполнены в виде воздушных линий напряжением 10 кВ для питания ТП.

Воздушные ЛЭП 10 кВ чаще всего применяются за городом и в небольших районах. Из-за их дешевизны по сравнению с кабельными линиями.

В воздушных ЛЭП используются сталеалюминевые провода, в них стальной провод или трос обеспечивает необходимую механическую прочность. Иногда для воздушных ЛЭП применяют медные провода.

Провода монтируются на опоры при помощи подвесных изоляторов. Для воздушных ЛЭП применяют неизолированные провода. За исключением вводов в здания — изолированные провода, протягиваемые от опоры ЛЭП к изоляторам, укрепленным на крюках непосредственно на здании.

4.1 Выбор КТП

Исходя из светотехнического расчёта, мы имеем 134 светильника фирмы Galad Волна LED 250-ШБ1/У50 так как номинальная мощность одного светильника 250 Вт, значит, суммарная мощность 134 светодиодных светильников будет равна 33500 Вт. [11] Вновь опираясь на ПУЭ [2] и имея ввиду, что наша автомагистраль является потребителем второй категории к установке, будем применять блочную двухтрансформаторную комплектную трансформаторную подстанцию маркировки 2БКТП-2500. [15]

2БКТП-2500 блочная трансформаторная подстанция, конструкция блоков представляет собой объемный железобетонный корпус из бетона марки класса В30 (М400) морозостойкость F300, состоящий из плиты основания и монолитного объемного блока, обеспечивающий защиту электрооборудования от внешних воздействий и необходимые прочностные характеристики при эксплуатации и транспортировке.

Стены фундаментного блока покрывают специальным герметизирующим составом для исключения проникновения влаги внутрь 2БКТП. Для упрощения ввода кабеля в подстанцию, в стенках кабельного приямка имеются утоньшения, в которые устанавливаются трубы.

В плите основания каждого блока 2БКТП-2500 предусмотрены проемы под РУВН и РУНН для прохода кабелей и люк для доступа в кабельный приямок.

Корпус наружного блока подстанции покрывается специальной штукатуркой для наружных работ, которая придает эстетичный вид подстанции и защищает от осадков. Крыша 2БКТП покрыта битумной мастикой и наплавляемым материалом, что обеспечивает гидроизоляцию, исключаящую проникновение осадков внутрь подстанции.

В плите основания под силовыми трансформаторами предусмотрены отверстия для стока масла трансформаторов. В объемном приямке под силовым трансформатором устанавливается бак на полный объем масла

трансформатора. В отсеке трансформатора предусмотрены направляющие, обеспечивающие закатку и стопорение всех типов трансформаторов, используемых в 2БКТП.

Далее в корпус 2БКТП-2500 монтируются все металлические элементы: металлические ворота трансформаторного отсека, металлические двери отсеков КРУВН и РУНН, вентиляционные решетки, заслонки и сетки. Все металлические элементы покрываются антикоррозионным покрытием и порошковой краской.

Монтируется внутренний контур заземления 2БКТП из стальной полосы 4х40 мм.

2БКТП-2500 предусмотрена естественная вентиляция путем выполнения вентиляционных решеток в дверях и одной из стен отсека трансформатора с шириной отверстий не более 10 мм. Для защиты от проникновения грызунов и других животных вентиляционные решетки дополнительно закрыты металлической сеткой с размерами ячейки не более 10х10 мм. Для перекрытия доступа воздуха в 2БКТП в зимнее время с внутренней стороны приточных вентиляционных решеток предусмотрены заслонки. На рисунке 14 представлен наружный вид 2БКТП-2500



Рисунок 14 – Вид снаружи 2БКТП-2500

2БКТП-2500 комплект поставки блочной комплектной трансформаторной подстанции состоит из:

- надземный блок для установки распределительного устройства 6-10 кВ (РУВН);
- надземный блок для установки силовых трансформаторов и распределительного устройства 0,4 кВ (РУНН);
- подземный блок под блоком РУВН;
- подземный блок под блоком РУНН.

4.1.1 Отопление и вентиляция

Электротехнические приборы и аппаратура, установленные в 2БКТП-2500 в основном имеют диапазон работы от -25°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Электрооборудование, эксплуатируемое при положительных температурах, устанавливается в отдельные шкафы с применением местного электрического обогрева.

Расчетные температуры наружного воздуха приняты:

- в холодный период года для проектирования отопления и вентиляции -28°C ;
- в теплый период года для проектирования вентиляции $+22,6^{\circ}\text{C}$.

Источник теплоснабжения – электроэнергия. Отопление для поддержания внутри помещения распределительного устройства РУВН температуры 25°C устанавливаются две электрические печи типа ПЭТ-4, мощностью 1,0 кВт каждая. В РУНН - одна печь ПЭТ-4, мощностью 1,0 кВт.

Вентиляция помещений 2БКТП-2500 - естественная. Приток и вытяжка воздуха осуществляется за счет располагаемого давления между приточными и вытяжными решетками, расположенными в дверных проемах и стенах.

4.1.2 Электрооборудование

Оборудование РУВН 6-10 кВ 2БКТП-2500 класс напряжения 6-10 кВ принята одинарная секционированная (на две секции с помощью разъединителей) система сборных шин, к которой подключаются, два силовых трансформатора мощностью 2500 кВА и две отходящие линии.

- Типовым решением предусмотрена установка ячеек КСО-393 и КСО-298 производство Завод КОНСТАЛИН г. Челябинск, или аналогичных со следующим оборудованием: на линиях силовых трансформаторов мощностью 630-2500 кВА включительно - ячейки с вакуумный выключатель и релейной защитой
- секционирование обеспечено при помощи одной ячейки с двумя разъединителями типа РВЗ с ЗН;
- на отходящих линиях применены ячейки с выключателем нагрузки типа ВНА.

4.2 Выбор силовых трансформаторов

Типовым решением предусмотрен (устанавливается) герметичный масляный трансформатор ТМГ мощностью от 25 до 2500 кВА. Под каждым трансформатором предусматривается маслоприемник.

Применяется две вариации питания линий от двухтрансформаторной КТП. [17] В первом варианте нормальный режим работы представляет собой равномерно распределенные нагрузки по обоим трансформаторам. В случае аварии нагрузка переходит на один исправный трансформатор. Во втором случае нормальный режим работы заключается в питании линий с одного трансформатора, а второй трансформатор является резервным при возникновении аварийного режима. В любом из этих вариантов кабели запитаны от двух трансформаторов.

Выберем первый способ питания линий, где в нормальном режиме работы нагрузки распределены равномерно по обоим трансформаторам. На

основании ПУЭ, [2] перегрузка одного трансформатора не должна превышать значения – 140 % в режиме перегрузки. В связи с этим коэффициент загрузки для двух трансформаторной подстанции не должен превышать значения $K_3=0,7$.

Определим расчетную мощность трансформатора:

$$S_{p.тр} = \frac{S_p}{K_3 \cdot N_T}, \quad (1)$$

где K_3 - коэффициент загрузки равный 0,7 при использовании двух трансформаторов,

N_T - число трансформаторов.

S_p – суммарная мощность светильников, 33,5 кВА

$$S_{p.тр} = \frac{33,5}{0,7 \cdot 2} = 23,9 \text{ кВА.}$$

Исходя из полученного значения $S_{p.тр}$ по шкале мощностей силовых трансформаторов выбирается трансформатор мощностью 25 кВА. [16]

Фактический коэффициент загрузки для силового трансформатора мощностью 25 кВА:

$$K_{3.тр} = \frac{S_p}{N_T \cdot S_{ном.тр}}, \quad (2)$$

где $S_{ном.тр}$ - номинальная мощность трансформатора,

N_T - число трансформаторов.

$$K_{3.тр} = \frac{33,5}{2 \cdot 25} = 0,67$$

Так как $K_{3.тр} \leq 0,7$, то выбранный трансформатор удовлетворяет данным условиям.

В итоге для установки на 2БКТП-2500 был выбран трансформатор типа ТМГ-25/10/0,4.

На рисунке 15 представлен внешний вид трансформатора типа ТМГ-25/10/0,4 кВА



Рисунок 15 – Внешний вид силового трансформатора типа ТМГ-25/10/0,4 кВА

Таблица 3 – Паспортные данные и параметры выбранных трансформаторов

Тип	$S_{ном}$, кВА	$U_{ном}$, кВ		Потери, кВ		$U_{кз}$, %	$I_{хх}$, %	Сопротивление, мОм		
		ВН	НН	$\Delta P_{хх}$	$\Delta P_{кз}$			R_T	X_T	Z_T
ТМГ – 25/10/0,4	25	10	0,4	1,9	12,2	5	3,5	1,7	8,6	8,8

Оборудование РУНН 0,4 кВ представляет собой две комплектные сборки типа ЩО-70, ЩО-70-1, ЩО-70-2 производство завода Консталин г. Челябинск, или аналогичных, разделенные на отсеки. В ЩО-70 принята двухсекционная система сборных шин с возможностью работы посекционно.

Шкаф собственных нужд ШСН-ВН предназначен для электропитания:

- освещения помещений;
- освещения камер КСО-393, КСО-298;
- цепей РЗА;
- щита автоматики ЩА;

- электрического обогревателя.

ШСН-ВН устанавливается на стене в металлических конструкциях в отсеке РУВН. Ящики собственных нужд ЯСН-НН (в отсеке РУНН) и ЯСН-ВН (в отсеке РУВН), предназначенные для лабораторных целей, устанавливаются на стене на металлических конструкциях.

Освещение состоит из рабочего и ремонтного. Рабочее освещение надземных блоков осуществляется от сети 220 В потолочными светильниками с лампами накаливания. Рабочее освещение подземных блоков осуществляется от сети 36 В настенными светильниками с лампами накаливания. Ремонтное освещение ячеек КСО-393 и КСО-298 осуществляется от сети 36 В. В щитах ЩО-70 и ШСН-ВН предусматривается установка розетки 36 В.

Выполнение внутренних электрических сетей. Для прокладки электрических сетей типовым решением 2БКТП-2500 проектом предусматривается:

- в подземных блоках - установка кабельных стоек с полками;
- в надземных блоках - установка пластиковых коробов.

4.3 Учет электроэнергии

Для организации технического учета на вводах от силовых трансформаторов ЩО-70-1 и ЩО-70-2 комплектуются трансформаторами тока типа Т-0,66 и счетчиками электрической энергии.

Учет электроэнергии на собственные нужды не предусматривается.

Типовым решением предусматривается возможность установки узлов коммерческого учета на отходящих линиях к потребителям 0,4 кВ. Количество узлов, характеристики трансформаторов тока производится по опросному листу при заказе.

Для измерения напряжения на секциях РУНН на дверях вводных отсеков ЩО-70-1 и ЩО-70-2 устанавливаются вольтметры с

переключателями. Для измерения тока каждой фазы на вводах 0,4 кВ устанавливаются амперметры.

Учет электроэнергии и АСКУЭ

Для организации технического учета на вводах от силовых трансформаторов ЩО-70, ЩО-70-1, ЩО-70-2 комплектуются трансформаторами тока типа Т-0,66 и счетчиками электрической энергии.

Учет электроэнергии на собственные нужды не предусматривается.

Имеется возможность установки узлов коммерческого учета на отходящих линиях к потребителям 0,4 кВ. Количество узлов, характеристики трансформаторов тока определяется по опросному листу при заказе.

По требованию заказчика может быть выполнена организация АСКУЭ. Для этого в помещении 2БКТП-2500 устанавливается щит ЩУ с маршрутизатором (УСПД), поддерживающем технологию Smart IMS. При помощи маршрутизатора данные о потребленной электроэнергии передаются в диспетчерский центр.

Структура АСКУЭ трехуровневая:

- 1 уровень - счетчики электроэнергии
- 2 уровень - устройства сбора и передачи данных (УСПД)
- 3 уровень - диспетчерский центр со специализированным аппаратным и программным комплексом.

В качестве основной линии связи между УСПД и диспетчерским центром используется GSM-связь.

Особенность данной АСКУЭ состоит в том, что для включения счетчиков электроэнергии в систему не требуется прокладывание информационных трасс для обмена данными между счетчиком и маршрутизатором. Информационный обмен производится по трехфазным силовым линиям.

При установке узлов коммерческого учета решение о вхождении данных узлов в АСКУЭ принимается заказчиком.

4.4 Защитные меры безопасности

Проектом предусматриваются следующие мероприятия по технике безопасности:

- на наружных дверях 2БКТП-2500 установлены предупреждающие плакаты;
- двери и ворота снабжены замками;
- при входе в камеры трансформаторов устанавливаются съемные барьеры;
- двери камер КСО и ЩО-70, обеспечивающие защиту от случайного прикосновения к частям, находящимся под напряжением, открываются с применением специальных ключей или инструментов.

4.5 Вывод по четвертому разделу

В четвертом разделе мы проложили основную и питающую линию к нашей будущей КТП. Основная линия проложена от ПС 110/35/10 кВ Поварово, а резервная от ТП 10/0.4 в селе Пешки.

Выбрали КТП для нашей системы, выбор пал на 2БКТП-2500 производства Челябинского завода ЭЛЕКТРОБЕТОН. Для неё был выбран силовой трансформатор ТМГ-25/10/0,4 кВА. Так же рассмотрены варианты вентиляции и отопления, учета электроэнергии и защиты.

5 Выбор способов прокладки и монтажа питающих линий

Подключение освещения будем производить от КТП проводом СИП.

СИП – это провод, который используют исключительно для подключения домов и других построек, чаще всего бытового назначения. Его достоинства состоят из таких пунктов как:

- Из-за изоляции фазных проводников отсутствует возможность нежелательного пересечения проводов и возникновения короткого замыкания.
- Открытая прокладка минимизирует шансы нелегального подключения.
- Конструкция провода очень удобна, что позволяет проводить монтаж быстро и надёжно.

СИП имеет несколько разновидностей, строго регламентированных ГОСТ 31946-2012:

- СИП-1 – стандартный провод для открытой прокладки с тремя изолированными проводниками и одним неизолированным.
- СИП-2 – все четыре проводника заизолированы.
- СИП-3 – помимо изоляции проводов предусмотрена дополнительная защитная оболочка. СИП-3 часто используется для линий напряжением 6-35 кВ.
- СИП-4 – не предусматривает четвёртой жилы. Такой провод выпускается только сечением 16 и 25 мм².
- СИПг – дополнительно покрыт герметиком, что позволяет исключить нежелательное воздействие кислорода.
- СИПн – провод, который не поддерживает горение, а при повышении температуры начинает медленно тлеть.

Изоляцией для токоведущих жил служит полиэтилен, а не поливинилхлорид, как в проводах и кабелях для проводки внутри

помещений. Несущая жила (нулевая, без изоляции) выполняется из алюминия, а не из меди.

5.1 Характеристики СИП

Практически для всех своих разновидностей технические характеристики СИП одинаковы. Может меняться только наличие изоляции и количество жил.

Технические характеристики СИП:

1. Рабочее напряжение: до 1 кВ применяют 1, 2, 4 и 5 категории, от 1 до 35 кВ – применяют 3 категорию.
2. Количество жил – 3 или 4 (СИП-3 имеет одну жилу).
3. Сечение жил – от 16 до 240 мм².
4. Допустимая рабочая температура – 90 С.
5. Тип изоляции – термопластичный и светостабилизированный полиэтилен.
6. Температура окружающей среды – от -60 С до +50 С.
7. Заявленный производителем срок эксплуатации – не менее 40 лет.

Из-за алюминиевой несущий жилы радиус изгиба провода составляет не менее 10 внешних диаметров.

5.2 Правильная прокладка СИП

Транспортировку СИП следует выполнять максимально аккуратно, чтобы не повредить изоляцию. Во время монтажа не разматывать провод на земле, и стараться не зацепить его за ветки деревьев.

Провод СИП монтируется только на специальных роликах, выполненных из пластика. Раньше использовали керамические изоляторы, но сейчас данная технология считается устаревшей. С помощью прокалывающих зажимов очень удобно делать ответвления, не нарушая изоляцию как токоведущих жил, так и нулевой (например, СИП-2).

На рисунке 16 представлено правильное крепление провода СИП на столбе.



Рисунок 16 - Правильное крепление СИП на столбе

Между собой изолированные жилы СИП фиксируются нейлоновыми стяжками. Анкерный зажим держит провод в небольшой натяжке, так как дополнительно закрепляется с анкерным кронштейном, установленном на столбе. Анкерный кронштейн в свою очередь крепится к столбу с помощью стальных полос, стянутых скобами.

СИП зарекомендовал себя как надёжный и долговечный провод и пользуется спросом практически у всех мастеров-электромонтажников. Ещё один положительный момент – доступная ценовая политика СИП, что немаловажно при проектировании электроосвещения.

Монтаж провода СИП на опорах происходит при помощи крепления для анкеров и раскатных роликов, далее натягивают канат-лидер.

К нему прикрепляют провод и протягивают, сматывая с катушки. На ролики установлен защитный слой из пластмассы. Провод не должен контактировать с грунтом и посторонними предметами. Создаётся натяжение, контролируемое специальными приборами. После этого провод снимается с роликов, закрепляется в пролете и делается стыковка или отвод

линии соединительными и ответвительными герметичными зажимами соответственно.

5.3 Выбор сечения провода

В проекте провод СИП будет использовать в двух вариациях. Первая вариация будет применена для соединения КТП и шкафов управления освещением. Второй вариант будет соединять шкаф управления непосредственно со световыми опорами. Произведем расчёт и выбор сечения провода СИП.

Рассчитаем номинальный ток для первого варианта

$$I_{\text{н}} = \frac{S_{\text{п}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}, \quad (3)$$

где, $U_{\text{н}}$ - номинальное напряжение

$S_{\text{п}}$ – полная мощность светильников

$$I_{\text{н}} = \frac{33500}{\sqrt{3} \cdot 380} = 50,8 \text{ А.}$$

Рассчитаем номинальный ток для второго варианта

$$I_{\text{н}} = \frac{16750}{\sqrt{3} \cdot 220} = 43,9 \text{ А.}$$

Опираясь на ПУЭ[2] отклонение напряжения сети электрического освещения наружного освещения не должно превышать 5%.

Произведем расчёт падения напряжения на крайнем светильнике

Рассчитаем падение напряжения на первой световой опоре.

$$\Delta U = \frac{C \cdot P_{\text{ф}} \cdot L}{S}, \quad (4)$$

где, ΔU – потери напряжения в %

P_{Φ} – расчетная мощность фидера

L – длина провода, км

S – площадь сечения провода, мм²

C – вспомогательный коэффициент для алюминиевого провода

$$\Delta U_1 = \frac{20,5 \cdot 8,25 \cdot 1,089}{50} = 3,68 \%$$

$$\Delta U_2 = \frac{20,5 \cdot 8,5 \cdot 1,11}{50} = 3,86 \%$$

Исходя, из расчетов выбираем кабель СИП-4 4x50 так как максимальный ток для данного провода составляет 195 А он полностью удовлетворяет нашим требованиям. Длина линии 2200 метров с каждой стороны, по итогу 4400 метров. Так как цена СИП зависит от его толщины, а длина линии составляет 4400 метров. Для минования потерь напряжения более 5% и экономии денежных средств, было принято решение сделать питание линий от двух шкафов управления освещением и четырьмя фидерами от вводных автоматов. На рисунке 17 представлена расчетная схема наружного освещения.

5.4 Выбор выключателей

Рассчитаем номинальный рабочий ток

$$I_{\text{раб}} = \frac{P_{\Phi}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}, \quad (5)$$

где, $U_{\text{н}}$ - номинальное напряжение

$S_{\text{н}}$ – мощность светильников

$$I_{\text{раб1}} = \frac{8250}{\sqrt{3} \cdot 220} = 21,6 \text{ A.}$$

$$I_{\text{раб2}} = \frac{8500}{\sqrt{3} \cdot 220} = 22,3 \text{ А.}$$

Для обоих вариантов выберем подходящий автоматический выключатель АВВ S201 25А. Так же для каждого светильника на столбе будет установлен свой собственный выключатель АВВ S201 1А

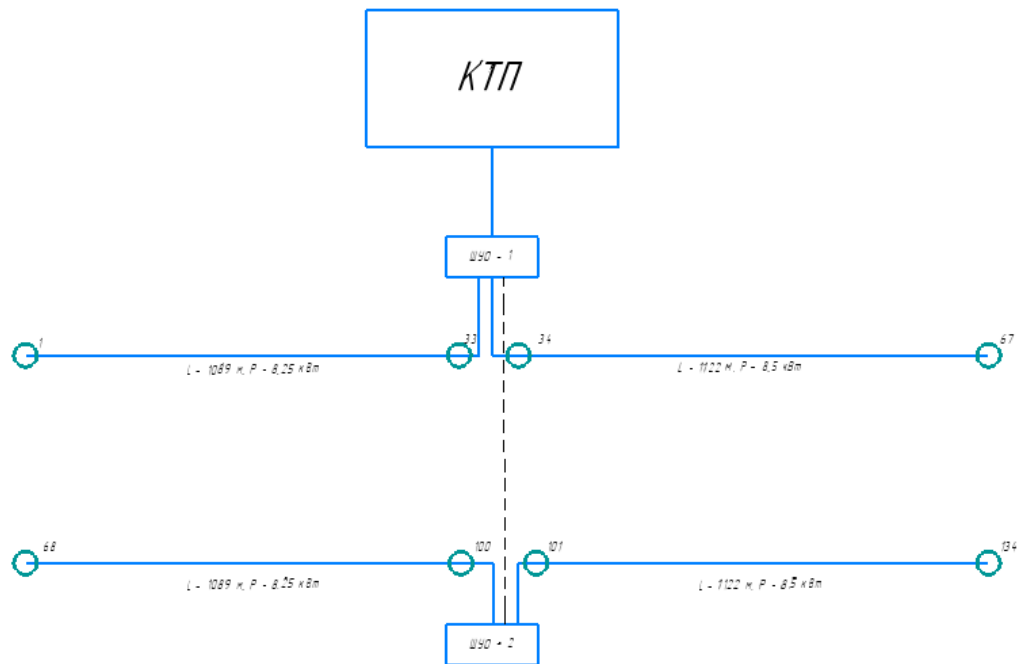


Рисунок 17 – Расчетная схема наружного освещения

5.5 Вывод по пятому разделу

В пятом разделе мы остановили свой выбор на проводе СИП, описали его характеристики, варианты исполнения. Рассмотрели способы прокладки и монтажа. Произвели расчеты выбора сечения провода. В последнем подразделе был произведен выбор автоматических выключателей марки АВВ.

6 Автоматизация системы наружного освещения

6.1 Система автоматизации управления наружным освещением

Регулировать освещение возможно тремя вариантами: дистанционно, автоматикой и автоматизированной системой.

Первый вариант самый примитивный и непродуктивный. Суть его заключается в том, что человек, который управляет командным пунктом, оценивает погоду и время суток, производит включение и выключение осветительных установок.

При использовании автоматики, отдельные участки дорожного освещения, зависящие от датчиков и заложенного алгоритма, включались и выключались сами.

Автоматический способ также считается малоэффективным,[12] так как датчики часто выходили из строя, их регулировка осуществляется только вручную. Датчики должны быть откалиброваны с высокой точностью, потому что из-за плохой настройки система не срабатывала правильно. Зачастую при ярком свете от полной луны фонари выключались ночью. Зимой на датчики падал снег и подавалось напряжение на светильники. Одним из ключевых минусов данного способа является бесполезное освещение проезжей части на которой не находятся люди.

Автоматизированная система управления наружным освещением (АСУНО) – это самый современный и инновационный способ управления освещением. [13]

АСУНО состоит из двух уровней: шкафы управления освещением, расположенные на опорах освещения, имеют локальное управление системой, а так же передают информацию и принимают управляющие сигналы с сервера АСУНО, расположенного в диспетчерском центре. АРМ диспетчер находится в одной сети интернет с сервером АСУНО, выполняет управление системой и обработку данных. Стандартные функции системы

также могут быть использованы через веб-сайт.[14] На рисунке 18 представлена архитектурная схема систему АСУНО.

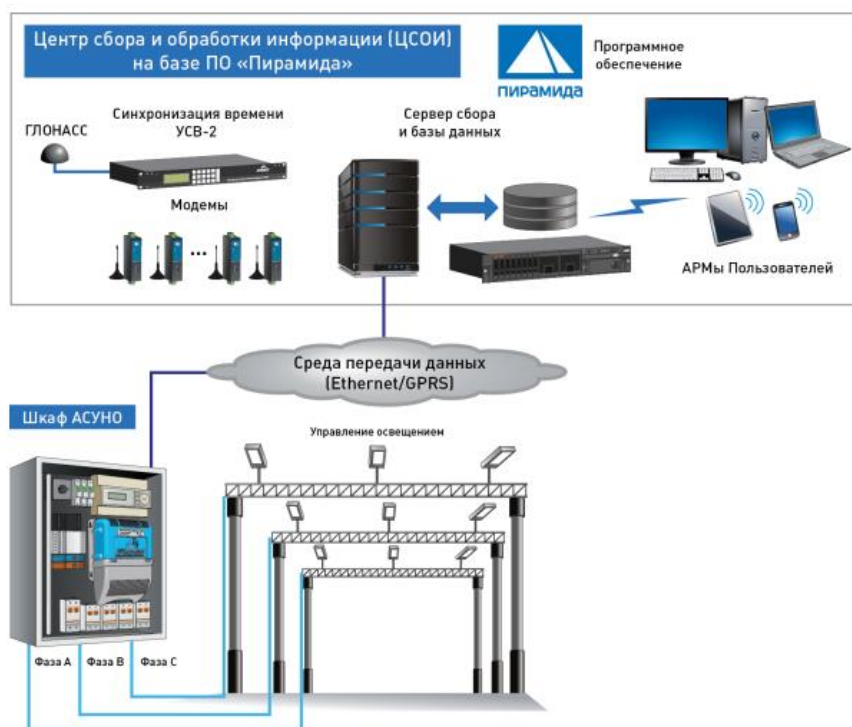


Рисунок 18 –архитектурная схема АСУНО

Система АСУНО представляет возможность:

- в создании единого диспетчерского центра управления освещением;
- снижения эксплуатационных затрат;
- уменьшения потребления электроэнергии;
- отслеживание аварийных ситуаций в режиме онлайн.

Система АСУНО предназначена для:

- автоматизированного управления уличным освещением;
- сбора и передачи в диспетчерский центр информации об энергопотреблении и качестве электроэнергии;
- мгновенное выявление аварийных ситуаций на всех уровнях системы;
- создание заключений о состоянии осветительных ламп;

Преимущества системы АСУНО:

- система создана на базе успешных и проявивших себя за время долгие годы решениях (24 года на рынке энергосберегающих технологий);
- огромный функционал для работы с данными об энергоэффективности и характеристиками электросети;
- полнофункциональная SCADA-система
- шкафы управления и контроллеры обустраиваются системой обогрева - что делает возможным их эксплуатацию в диапазоне температур от минус 40 °С.

Шкаф управления освещением рисунок 19 является центральным узлом локального пункта включения и содержит преднастроенную конфигурацию оборудования:

- управляющий контроллер;
- счётчик электроэнергии;
- коммутационную и вспомогательную аппаратуру.



Рисунок 19 – Шкаф управления освещением

Управление освещением осуществляется:

- по годовому расписанию (графику включений и выключений) с возможными ежедневными коррективами;

- командами с сервера АСУНО или АРМ диспетчера;

- в ручном режиме — непосредственно персоналом.

- с учётом данных датчика освещённости

Все эти возможности реализованы при помощи астрономического реле, (рисунок 20) сигналов подаваемых с пункта управления по gsm-сигналу, а так же при помощи фотореле.



Рисунок 20 – Астрономическое реле

6.2 Вывод по шестому разделу.

В предпоследнем разделе нашей пояснительной записки мы рассмотрели варианты управления наружным освещением. Остановили свой выбор на автоматизированной системе АСУНО. Изучили принцип работы и все её составляющие. Рассмотрели особенности работы астрономического реле.

7. Анализ зарубежного опыта освещения автомобильных дорог и населенных пунктов светодиодными светильниками

В США, Азии и в странах Евро союза уже порядка 10 лет применяют светодиодное освещение, особенно, этот тренд просматривается в улично-дорожном освещении городов и автомагистралей

В развитых государствах светодиодное освещение стали применять намного раньше, чем в России объясняется это с тем, что у них принято вложить больше средств в производство и установку, а потом получать экономию.

7.1 Реализация интеллектуальной системы светодиодного освещения в г. Барселона, Испания

Город Барселона в Испании, реконструировал городское освещение в 2015 году и модернизировал светильники до новейших светодиодных технологий. Около 750 светодиодов Amparaalta by Beth Gali & Marius Quintana производства компании Santa & Cole были установлены в одном из районов города. Это позволило Барселоне экономить примерно 55% энергии.

Изначальная система освещения была построена в середине прошлого века и использовалась с устаревшими лампами. Отсутствовала возможность управления освещением. [20]

Система управления освещением позволяет контролировать отдельные светильники, а также комплектные группы светильников, устанавливать яркость определенных светильников если того потребует определенная ситуация в соответствии с требованиями освещенности и осуществлять централизованный мониторинг.

7.2 Модернизация освещения в г. Хельсинки, Финляндия

Департамент города Хельсинки спроектировал светильник-Y, когда в начале 1930-х годов газовые фонари начали заменяться электрическим

освещением. Исторический дизайн светильника-Y отражает знакомый нам вид города Хельсинки. Прочный медный светильник был модернизирован для соответствия сегодняшним требованиям к городской среде Хельсинки. Ensto Lighting участвует в поставках светильников-Y для освещения 100-летней столицы Финляндии. [19].

Светильники производятся на заводе Schröder в Будапеште. Технически, полностью отреставрированный светильник-Y, не имеет аналогов с точки зрения дизайна и представляет точную копию оригинала. Исторический и изысканный дизайн светильников-Y отлично сочетается с преимуществами светодиодных технологий.

Ensto расширила свою деятельность в начале этого года, подписав соглашение о сотрудничестве с Бельгийской семейной компанией Schröder Group. Соглашение поддерживает стратегию Ensto в направлении энергоэффективности и устойчивого развития городов, расширяя свое предложение в области световых решений для дорог и улиц. Компания Schröder известна своими превосходными светотехническими характеристиками и качеством, и является создателем высоких стандартов для всех аспектов дорожного, уличного, туннельного и наружного освещения и систем управления.

Ensto Lighting - ведущий Финский производитель энергосберегающих решений в сфере освещения. Ensto инвестировала значительные средства в дорожное и уличное освещение в этом году. Сотрудничество с фирмой Schröder начало развиваться с большой скоростью, и с финской стороны Ensto Lighting выступила партнёром в проекте по восстановлению исторических светильников города Хельсинки.

Светильники Хельсинки Y имеют мощное оптическое ноу-хау от компании Schreder

В качестве стратегии городского планирования уличного освещения в Хельсинки основан отчет City Light Report за 2003 год. «Внешний вид светильника-Y должен сохраниться как есть, но он может быть технически

доработан», - говорится в докладе. Исторические светильники-Y достигли пика срока своей службы, и их светотехнические требования не соответствовали сегодняшним требованиям к освещению Хельсинки. В тесном сотрудничестве с городом Хельсинки поставщик оборудования Schreder разработал обновлённый светильник-Y с учётом новейшей светодиодной технологии.

Светильники-Y уже стоят на улицах Iso Roobertinkatu, Rauhankatu и Sofiankatu. Светодиодная технология светильников усовершенствовала световой поток и энергоэффективность до современного уровня сегодняшнего дня и улучшила видимость на улицах Хельсинки.

Материал светильника-Y – чистая медь без каких либо защитных покрытий. «Медная поверхность уже стала коричневой, и интересно будет увидеть, когда она станет зеленой», - отмечает Маркканен. «Светильники подходят к многогранному современному стилю города Хельсинки, а также к его функциональной инфраструктуре. Они сразу же придали элегантный вид и создали приятную обстановку в городе», - говорит Маркканен.

В европейских столицах оригинальные исторические светильники стали немногочисленными. Именные светильники в Стокгольме и Копенгагене просто напоминают оригинальные светильники по внешнему виду. Будапешт славится своими огнями и светильниками, дизайн которых соответствует высоким стандартам 1920-х и 30-х годов. Светильники-Y являются сверстниками той же эпохи. Маркканен говорит нам, что сохранение образа светильников в Хельсинки является единственным в своем роде, что даже жители города ожидают их появления.

Светильник-Y был перепроектирован, сохранив исторический дизайн светильника-Y, включающий новейшую светодиодную технологию. Светильник изготовлен из меди, а его светорассеиватель выполнен из прочного поликарбоната. «Конструкция учитывает все современные требования к безопасности» - комментируют в Ensto Lighting. «Светильник должен быть энергоэффективным и излучать свет без бликов». – «Новые

светильники-У проецируют приятное освещение и на фасады зданий и домов. Старый же светильник-У проливал ослепляющий свет, в результате чего жители были вынуждены использовать шторы», - говорит Маркканен.

Преимущества светильников-У это светодиодная технология, значительная экономия энергии, качество света, светопередача, система управления, красивый исторический дизайн.

В светильниках-У, поставляемых фирмой Ensto, также имеются и другие преимущества, такие как управление освещением в течении дня. В светильнике есть функция диммирования, которая значительно экономит электроэнергию. Нет необходимости выключать свет, и нет больших различий в контрастности - пользователь просто чувствует, что освещения достаточно. Исходящий мягкий и высококачественный свет благоприятен для пешехода. Светодиодная технология нового светильника-У одновременно повышает качество освещения и безопасность на улице»

7.3 Проект капитального ремонта проспекта Сабино-Арана, Бильбао, Испания

Этот проект капитального ремонта и сноса развязок Сабино Араны является частью городской эволюции Бильбао, как ее называют, это привело к тому, что город был охарактеризован как яркий пример городского обновления. Этот шаг превратил промышленный город в культурный. [21]

Процесс комплексной модернизации района Басурто, включающий в себя целый ряд инициатив, таких как строительство подземной части узкоколейной железной дороги малой протяженности или восстановление городов в окрестностях Гареллано, является важным шагом вперед в деле сноса виадука Сабино-Арана и последующего городского развития этого района.

Это установка, которая охватывает около 40 000 кв. м. в котором планируется целый ряд помещений: крупный бульвар с широкими тротуарами; зона отдыха с детской площадкой; зеленая зона с тропинками;

большая площадь, вмещающая открытые спортивные площадки и предлагающая просторные пешеходные зоны. Всё это будет освещено при помощи новейших светодиодных технологий и систем управления

Santa & Cole Urbidermis тесно сотрудничали с местными техническими службами из отдела урбанистики.

7.4 Вывод по седьмому разделу

В данном разделе был изучен опыт проектировки и строительства осветительных систем в других странах. Были рассмотрены такие города как Барселона в Испании, Хельсинки в Финляндии и Бильбао в Испании. Во всех трех городах были применены самые современные светотехнические решения, состоявшие из светодиодных ламп различных европейских производителей, а так же интеллектуальных систем управления. Что в свою очередь позволило им многократно экономить бюджетные средства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установка новейшего наружного искусственного освещения представляет собой одну из главных целей при строительстве современных автомагистралей или при реконструкции освещения на действующих транспортных артериях страны. Верно смоделированное искусственное освещение автомагистралей, по всем нормам и ГОСТам с применением новых технологий, которое предоставит достойное освещение дорожного покрытия, соответствующее не только отечественным, но и зарубежным стандартам качества.

В наши дни автомагистраль М11 является основной жилой соединяющей сердце России с Северной столицей, кроме того скоростные показатели трассы напрямую говорят о том, что аварийно-опасные участки освещать крайне необходимо

Подводя итоги можем сказать, что был произведен анализ текущей обстановки и состояния наружного освещения автодороги, а также выполнены следующие пункты:

- показатель освещенности дорожного полотна, выше требуемого на 3,6 лк;
- участок автомобильной дороги с 55 по 57 километр трассы М11 освещает 148 светодиодных светильников на 148 опорах, за счет использования опор марки СФГ-700(90);
- использование в проекте светодиодных светильников Galad Волна LED 250-ШБ1/У50 позволяет экономить электроэнергию, а также в несколько раз увеличивает интервал замены осветительного оборудования, и повышает его надежность;
- установка автоматизированной системы управления наружным освещением обеспечивает качественное регулирование, а самое главное обеспечит целесообразный расход электроэнергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Arie L. Shernkman. Transient analysis of electric power circuits handbook. / Arie L. Shernkman. - 3-е изд. Hill book company 2015. 586 с.
2. Billings K. Switchmode Power Supply Handbook/ Billings K., Morey T. McGraw-Hill book company 2015. 858 с.
3. Keith H. Billings. Switchmode Power Supply Handbook/ Keith H. Billings. 2-е изд, Holon McGraw-Hill book company 2014. 656 с.
4. LED-250-ШБ1/У50 [Электронный ресурс] : <https://galad.ru/catalog/outdoor/street/volna/volna-led-250-shb1-u50-28000-740-ral7040-d-0-gen1/> (дата обращения: 08.05.2020).
5. Wang, B.C. Power supply / B.C. Wang // Power Systems, IEEE Transactions on. – 2014. – Pp. 350 – 357;
6. 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.
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 55706-2013 Освещение наружное утилитарное. Классификация и нормы;
9. ГОСТ Р 55707-2013 Освещение наружное утилитарное. Методы измерений нормируемых параметров;
10. ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011 Светильники. Часть 1. Общие требования и методы испытаний;
11. ГОСТ Р МЭК 60598-2-3-99 Светильники. Часть 2. Частные требования. Раздел 3. Светильники для освещения улиц и дорог;
12. Гурьев А.В. «Системы автоматизированного управления наружным освещением», Гурьев А.В., Букварев Е.А., Нижегородский

государственный технический университет, информация компании ООО "НПО "МИР";

13. Каталог продукции «Консталин», трансформатор силовой ТМГ-25 [Электронный ресурс] : <http://konstalin.ru/?sid=3&id2=0&id=221> (дата обращения: 14.05.2020).

14. Каталог продукции «ЭлектроБетон», блочная трансформаторная подстанция 2БКТП-2500 [Электронный ресурс] : <https://electrobeton.ru/catalog/bktp/2bktp-2500/> (дата обращения: 14.05.2020).

15. Каталог продукции Galad, светодиодный светильник Galad Волна

16. 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;

17. Правила устройства электроустановок (ПУЭ), изд. 7, 2001 - 2004гг.;

18. Пример проекта по внедрению светодиодных светильников в г. Барселона [Электронный ресурс] : <https://www.urbidermis.com/en/project/barrio-de-sants/> (дата обращения: 16.05.2020).

19. Пример реконструкции проспекта в г. Бильбао Испания и внедрение светодиодных светильников [Электронный ресурс] : <https://www.urbidermis.com/en/project/sabino-arana-avenue/> (дата обращения: 17.05.2020).

20. Пример реконструкции светодиодных светильников в г. Хельсинки [Электронный ресурс] : <https://www.ensto.com/ru/company/newsroom/articles/helsinki-luminaire/> (дата обращения: 16.05.2020).

21. Проскурин О.А. «Автоматизированные системы управления наружным освещением. Опыт Москвы», журнал «Энергосовет» № 2 (15), 2011 г.;
22. СН 541-82 Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов;
23. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95;
24. СП 42.13330.2011 Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89;
25. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г 261-ФЗ.