

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)/(специализация))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Электроснабжение системы городского наружного освещения

Студент

А.А. Бережинский

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

Д.Л. Спиридонов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

## Аннотация

В данной квалификационной работе: «Электроснабжение системы городского наружного освещения г. Геленджик».

ВКР состоит из пояснительной записки на страниц, введения, включая рисунков и таблицы, девяти глав, списка источников литературы и графической части на 6 листах формата А1.

Основным вопросом данной квалификационной работе является разработка системы электроснабжение системы городского наружного освещения г. Геленджик.

Целью работы является расчет и разработка уличного освещения г. Геленджик для безопасного и комфортного проживания жителей города.

Разработаны электротехнические решения по освещению и электро-снабжению сети. Представлена конструкция светильников, опор, кабельных муфт. Произведен расчет затрат на электрооборудование и электроосвещение. Также рассмотрена организация учета электроэнергии системы наружного освещения г. Геленджик. Был произведен расчет системы заземления, режим работы нейтрали по стороне 0,4 кВ [3].

## Содержание

Введение.....	4
1 Виды систем освещения города.....	6
1.1 Вид применяемых систем освещения городов в настоящее время.....	6
1.2 Перспективные системы освещения городов .....	9
2 Проектирование системы наружного освещения г. Геленджик .....	11
3 Расчет перспективной системы освещения в г. Геленджик .....	20
3.1 Нормы освещенности .....	20
3.2 Выбор системы освещения .....	24
3.3 Светотехнический расчёт .....	24
3.4 Технологические и конструктивные решения .....	29
4 Интеллектуальная система управления наружного освещения .....	33
4.1 Преимущества данной системы.....	33
4.2 Особенности данной системы.....	34
4.3 Техническое оснащение применяемой системы.....	34
5 Выбор и обоснование схемы электроснабжения системы наружного освещения г. Геленджик.....	36
6 Расчет токов короткого замыкания .....	37
7 Расчет и выбор электрооборудования и проводников .....	39
7.1 Выбор кабельных линий. Проверка выбранных кабельных линий.....	39
7.2 Выбор электрооборудования и коммутационно-защитной аппаратуры .....	45
8 Организация учета электроэнергии системы наружного освещения г. Геленджик .....	47
9 Расчет системы заземления, режим работы нейтрали по стороне 0,4 кВ ....	50
Заключение .....	56
Список использованной литературы и источников.....	57

## Введение

Сети городского уличного освещения являются одним из главных составляющих структуры коммунального хозяйства современного города. Их всегда относят в особую техническую систему у крупных предприятий, также без них не возможна нормальная эксплуатация крупных современных дорог, плотин и мостов.

На сегодняшний день в России в среднем одна лампа уличного освещения потребляет примерно 250 ватт, тогда, в среднем за восемь часов работы данный источник света израсходует два киловатта электроэнергии, при этом данный источник света обладает низкой светоотдачей и недолгим сроком службы. Исходя из анализа экспертов, примерно около 80 % осветительных систем в России можно сделать более эффективными [7].

Для того чтобы повысить эффективность городских осветительных систем необходимо сделать следующие:

- повысить надежность сетей уличного освещения;
- применить энергосберегающие технологии;
- обеспечить бесперебойность питания.

Вследствие чего повысится безопасность на дорогах. Так как при хорошем освещении города количество ДТП и противоправных действий уменьшается.

На сегодняшний день существующие осветительных систем имеют следующие недостатки:

- нет централизованного мониторинга;
- нет режима энергосбережения;
- применяется морально устаревшего и изношенного оборудования;
- неэффективный учет электроэнергии; [14].

Решением приведённых недостатков существующих осветительных систем является применение интеллектуальная система управления уличного освещения, которая обладает следующим достоинствами:

- имеет возможность удаленного управления уличном освещением;
- применяются современные энергосберегающие светильники;
- имеет возможность расчета по двухставочному тарифу;
- имеет низкий уровень эксплуатационных затрат;
- имеет наличие обратной связи;
- наличие интеллектуальной системы управления позволит обеспечить повышения безопасных условий дорожного движения, безопасность пешеходов и также значительно улучшит архитектурную, туристическую и коммерческую составляющую города.

Поэтому целью работы является проектированием электроснабжение системы городского наружного освещения г. Геленджик.

## **1 Виды систем освещения города**

### **1.1 Вид применяемых систем освещения городов в настоящее время**

Наружное освещение является важной частью для комфортной нашей повседневной жизни.

В большом количестве городов РФ освещенность дорог ниже нормы в 2-3 раза, светильники имеют устаревшую конструкцию, в светильниках используются низкоэффективные лампы накаливания (светоотдача 12 лм/Вт) и ртутные лампы (светоотдача 55 лм/Вт). Доля старого оборудования, включая не только светильники, но и опоры, кабели, в России составляет более 60%. Схемы электроснабжения не обеспечивают необходимый уровень надежности установок наружного освещения [7].

На сегодняшний день в России в среднем одна лампа уличного освещения потребляет примерно 250 ватт, тогда, в среднем за восемь часов работы данный источник света израсходует два киловатта электроэнергии, при этом данный источник света обладает низкой светоотдачей и недолгим сроком службы. Исходя из анализа экспертов, примерно около 80 % осветительных систем в России можно сделать более эффективными [14].

Наружное освещение классифицируется по типу светильников:

- светильники, в которых используются лампы накаливания, в настоящее время практически не используются;
- светильники, в которых используются дуговые лампы;
- светильники, в которых используются светодиоды;
- индукционные светильники.

В настоящее время существует три вида управления наружным освещением:

- телемеханическое управление;

Схема управления представлена на рисунке 1.1.

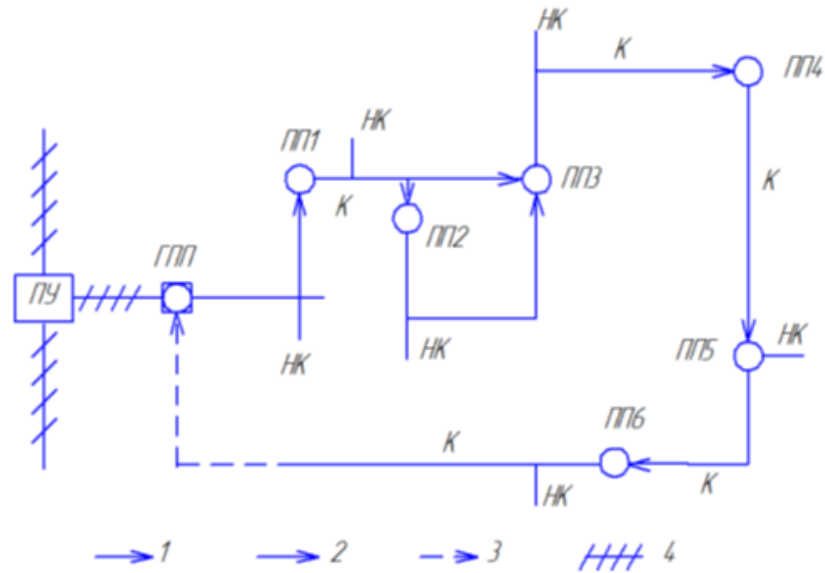


Рисунок 1.1 – Телемеханическое управление сетями наружного освещения

На диспетчерский пункт с исполнительных пунктов отправляются следующие сигналы: «Включено все освещение», «Включена (отключена) часть освещения»; «Отключено все освещение», «Несоответствие состояния освещения посланному приказу, а также неисправность в сети наружного освещения и канала связи» [7].

- дистанционное управление;

На рисунке 1.2 представлена система дистанционного управления [13].

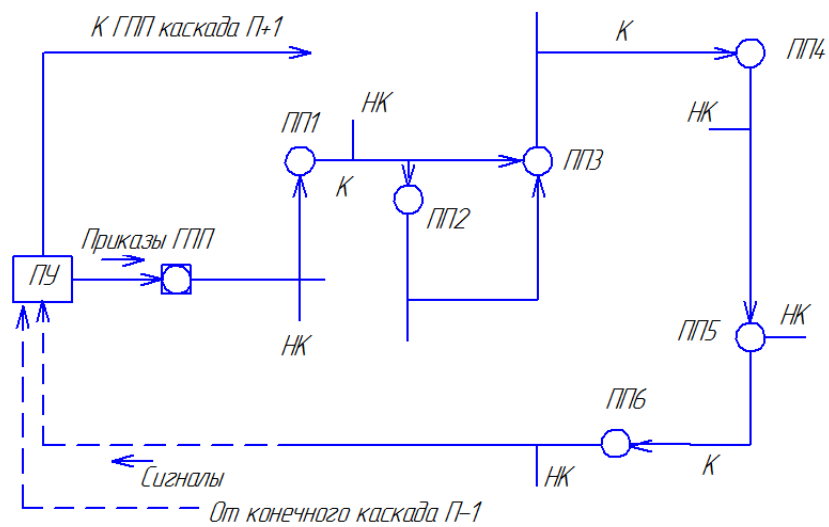


Рисунок 1.2 - Дистанционное управление сетями наружного освещения

Дистанционное управление освещением осуществляется посредством магнитных пускателей в линиях питающей и групповой сетей. Данная система включается с единого диспетчерского пункта. Причем, сигналом на включение линии, питающейся от подстанции, будет являться наличие напряжения на конце линии, питающейся от предыдущей подстанции.

В этой системе управление линиями наружного освещения осуществляется путем подключения катушки магнитного пускателя второго участка в линию первого, катушки пускателя третьего участка в линию второго, и т.д. Возможна и телемеханическая схема, при которой включение и отключение магнитных пускателей производится из диспетчерского пункта с помощью телемеханических устройств. Схема управления приведена на рисунке 1.3 [18].

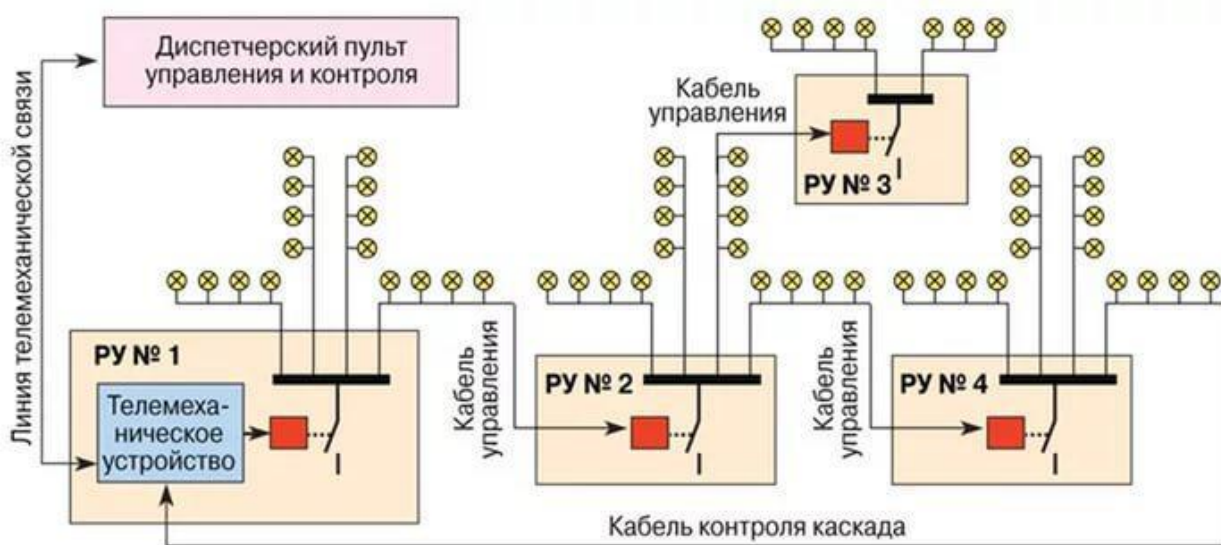


Рисунок 1.3 – Дистанционного управления схема

В данной системе используется следующее:

- автоматическое программное
- фото автоматическое управление.

В систему состоит из:

- магнитных пускателей



- программных реле, фотореле или фотоэлектрического автомата, которые управляют освещением в зависимости от времени суток и уровня.

С помощью дистанционного управления освещением возможно осуществить два режима работы:

- вечерний – это когда включены все осветительные приборы.
- ночной – это когда работает только часть осветительных приборов, так как интенсивность падает. Но при этом коэффициент неравномерности освещенности дорожного полотна увеличивается до недопустимых пределов [2].

## **1.2 Перспективные системы освещения городов**

Перспективные системы освещения городов является автоматизированная система управления уличным освещением, в котором присутствует следующие функции:

- отслеживать и измерять текущие параметры сети;
- диагностировать текущее состояние оборудования и линии.

У данной системы есть два уровня [7]:

- первый уровень – это шкафы управления используются непосредственное управление наружным освещением, трехфазные электросчетчики и контроллер.
- второй уровень – это центр диспетчерского управления, происходит контроль состояния и управление наружным освещением.

Включение и отключение уличного освещения осуществляется в двух режимах: автоматическом и ручном. Таким образом, вследствие диспетчер предоставления имеет возможность управлять необходимыми освещением в аварийных уровне или во время ремонтных работ.

Автоматическое управление уличным освещением осуществляется системой АСУНО-GSM представлена на рисунке 1.4. Система за счет заданных режимов идеологии в зависимости от времени года экономит электроэнергию [14].

Особенность данной системы это применение:

- светодиодных светильников;
- датчиков движения.
- применения беспроводной связи между светильниками и диспетчерским пунктом.

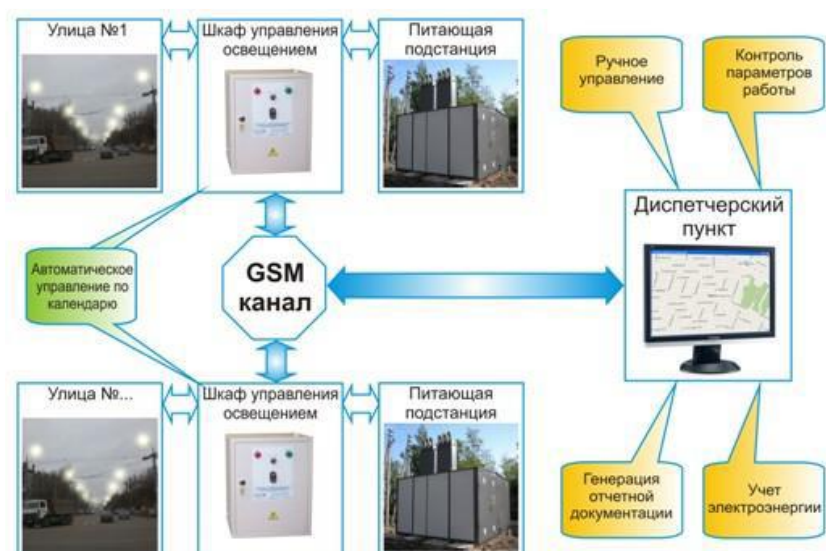


Рисунок 1.4 - Составляющие элементы в системе управления наружным (уличным) освещением

Применение данной системы позволит сделать более безопасные условия дорожного движения, безопасность пешеходов и значительно улучшит архитектурную, туристическую и коммерческую продукцию города.

## 2 Проектирование системы наружного освещения г. Геленджик

Все уличные осветительные установки имеют следующую классификацию:

- освещение улиц;
- освещение фасадов зданий и сооружений;
- освещение садов и бульваров;
- освещение рекламных конструкций и витрин.

Устройство уличного освещения регламентируется СП 541-82– «Инструкция по проектированию наружного освещения городов, поселков и сельских населенных пунктов».

Перед выбором той или иной системы освещения, световых источников, приборов освещения, схем и мест их установки, необходимо провести технико-экономический анализ. Выбор способа и оборудования для освещения архитектурных объектов необходимо производить экспериментальным путем с применением макетов и опытных осветительных устройств. Для освещения пешеходных и автотранспортных тоннелей используются газоразрядные информаторы света. Казенные здания в тоннелях нужно оснащать системой освещения, подходящей всем притязаниям, рассказанным в СП по проектированию систем природного и искусственного происхождения освещений. Улицы и дороги, имеющие группу А и Б, интенсивность движения на которых превосходит 2000 единиц/ч, также улицы и дороги, находящиеся в критериях высочайшей сосредоточенности пыли (наиболее 0,4 мг/м<sup>3</sup>) обязаны снабжаться приборами освещения с исполнением IP53. В тоннелях должны устанавливаться только закрытые светильники с исполнением IP65. В системах освещения дороги и улиц, которые характеризуются величиной нормированной средней яркости более 0,4 кд/м<sup>2</sup>, должны применяться светильники, которые обеспечивают требуемое распределение света [4].

Светильники прямого, а также преимущественно прямого света применяются для освещения следующих объектов:

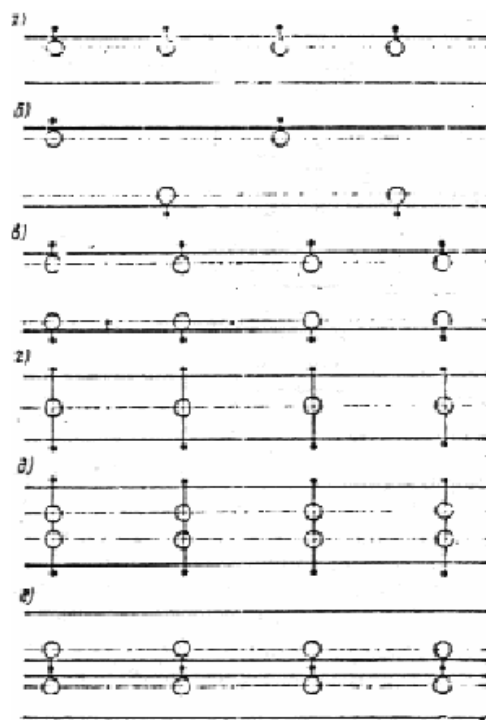
- внутренние, служебно-хозяйственные и пожарные проезды;
- автостоянки;
- хозяйственные площадки;
- площадки мусоросборников в микрорайонах.

Светильники рассеянного света, а также прямого света используются для освещения следующих объектов:

- аллеи;
- пешеходные и прогулочные дорожки;
- центральные входы в парках, садах, стадионах, выставках, больницах, госпиталях, санаториях, пансионатах и домах отдыха.

Светильники с широким распределением света применяются для освещения площадок массовых игр, площадок перед эстрадами и аттракционами. Светильники для освещения улиц, дорог и территорий микрорайонов должны устанавливаться на тросах или опорах [7].

Осветительные приборы для освещения тротуаров-подъездов на землях микрорайонов имеют все шансы быть установлены на стене либо над козырьками подъездов построек. При всем этом значение приведенных годовых издержек обязан быть менее подобных издержек при установке устройств освещения на опорах. И еще нужно обеспечить свободный доступ для возможности профилактики осветительных приборов. Помимо этого необходимо обеспечить отсутствие засвечиваемых окон жилых помещений. На рисунке 2.1 представлены схемы размещения светильников в осветительных установках улиц и дорог [7].



- а - односторонняя; б - двухрядная в шахматном порядке;  
 в - двухрядная прямоугольная; г - осевая; д - двухрядная прямоугольная по осям движения; е - двухрядная прямоугольная по оси улицы

Рисунок 2.1 - Схемы размещения светильников в осветительных установках улиц и дорог

В процессе расчета системы освещения тротуаров-подъездов и проездов микрорайона не учитываются светильники, которые установлены под козырьками подъездов зданий.

На рисунке 2.1 представлена схема расположения светильников на улицах и дорогах.

На рисунке 2.2а представлена схема расположения светильников на закруглениях улиц и дорог с радиусом в плане по оси проезжей части от 60 до 250 м. В случае отсутствия возможности установки светильников на внешней стороне закругления разрешается осуществлять их установку на опоры по внутренней стороне. При этом необходимо предусмотреть дополнительное уменьшение шага расположения опор [18].

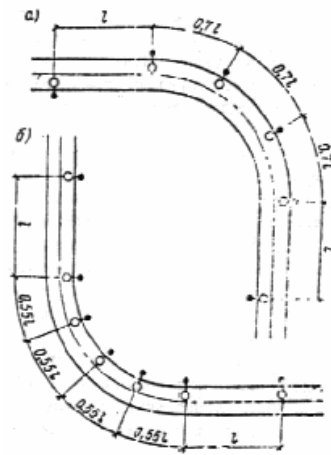
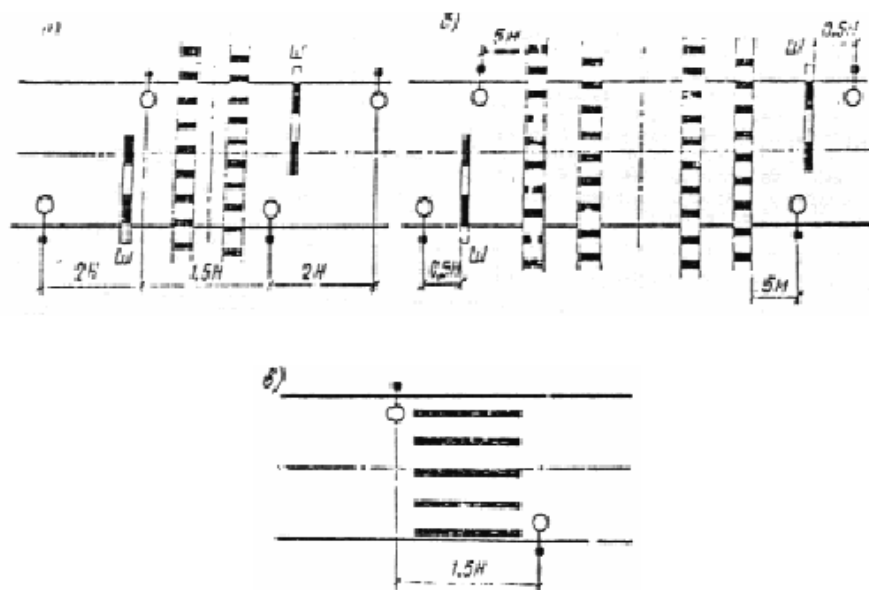


Рисунок 2.2 - Схемы размещения светильников на закруглениях улице дорог

Схемы размещения светильников на железнодорожных переездах, на пешеходном переходе и автоматическом шлагбауме представлены на рисунке 2.3.



а, б — на железнодорожных переездах; в — на пешеходном переходе; ш — автоматический шлагбаум

Рисунок 2.3 - Схемы размещения светильников

Освещение железнодорожных переездов и пешеходных переходов в одном уровне, как правило, должно обеспечиваться светильниками уличного освещения, размещаемыми по схемам (рисунок 2.3).

Выбор типа опор для установки элементов наружного освещения осуществляется на основании имеющихся технических требований, а также с учетом степени экономической эффективности [7].

Для установки осветительных устройств на транспортных развязках и городских площадях применяются опоры, высота которых 20 м и более. При этом необходимо представить соответствующее технико-экономическое обоснование, а также обеспечить удобство их обслуживания.

Минимальная допустимая высота установки светильники в парапетах и ограждениях мостов и эстакад составляет 0,9-1,3 м над проезжей частью.

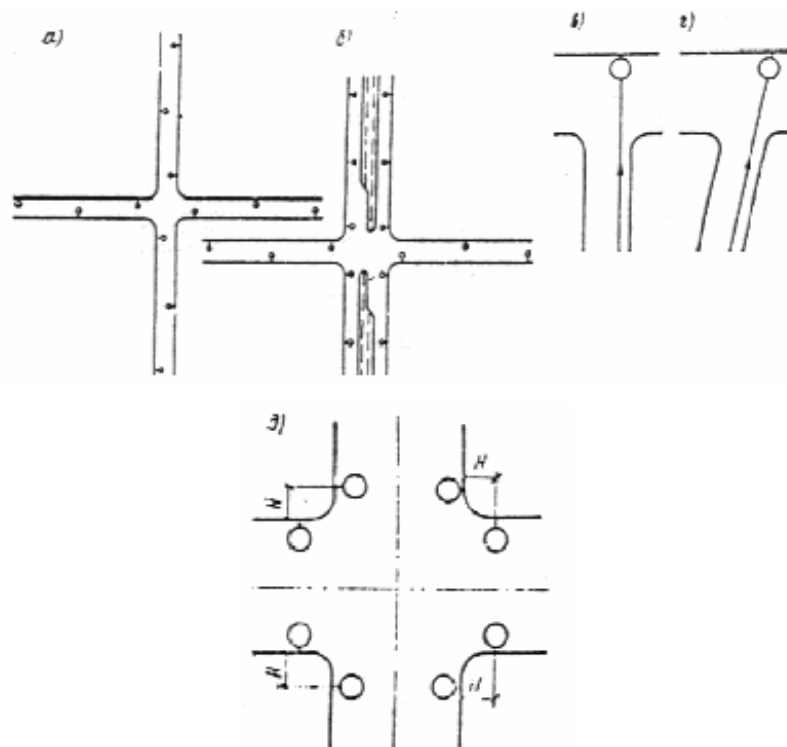
Для установки светильников на улицах, где имеется трамвайное и троллейбусное движение, необходимо использовать опоры контактной сети.

При наличии на улицах воздушных электрических сетей общего пользования, допускается установка светильников наружного освещения на опорах этой сети. При этом необходимо применять кронштейны, которые должны быть установлены выше проходов электрической сети или по другую сторону опоры на уровне проводов.

Расстояние между краем светильника и ближайшим проводом должно составлять не менее 0,6 м [4].

Установка консольных светильников освещения проезжих частей улиц, дорог и площадей должна осуществляться под углом  $15^\circ$  к горизонту.

В случае установки светильников по схемам 2 и 3, которые изображены на рисунке 2.1, в условиях улиц и дорог с шириной проезжей части более 21 м разрешается увеличивать угол их наклона, но не более  $30^\circ$ .



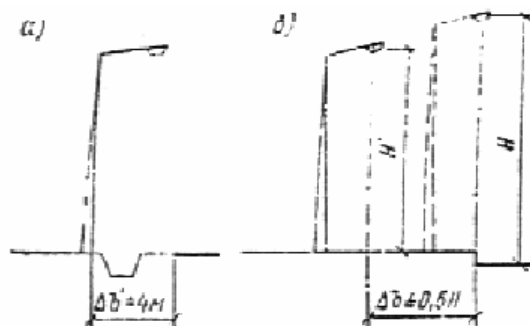
а, б, д - на четырехсторонних пересечениях; в, г- на примыканиях

Рисунок 2.4 - Схемы размещения светильников на пересечениях в одном уровне

Для установки опор освещения дороги и улиц разрешается использовать центральные разделительные полосы. При этом их ширина должна быть не менее 5 м. Использование разделительных полос шириной 4 м разрешается в случае наличия стационарных ограждений [13].

При наличии кюветов на дорогах, разрешается монтаж опор за кюветами (рисунок 2.5, а). При этом минимальное расстояние от опор до ближних границ проезжей части должно составлять не менее 4 м.





а - за кюветом; б - со смещением от проезжей части; Н – допустимая высота установки светильника на границе проезжей части по условиям ограничения слепящего действия; Δb - смещение светильника от границы проезжей части; Н' - допустимая высота смещенного светильника; Δb' - расстояние от опоры до границы проезжей части

Рисунок 2.5 - Схемы допустимого расположения опор

В этом случае минимальную высоту установки светильников (Н') допускается уменьшать (но не ниже, чем до 6,5 м) в соответствии с формулой:

$$H \geq 1,5 + \sqrt{(H - 1,5)^2 - \Delta b^2} \quad (2.1)$$

где Н - допустимая высота установки светильников согласно требованиям главы СП по проектированию естественного и искусственного освещения об ограничении слепящего действия осветительных установок [13].

В местах пересечения и примыкания улиц и дорог, световые опоры необходимо устанавливать на расстоянии не менее 1,5 м от закруглений тротуаров. При этом не должен быть нарушен единый строй линии установки опор.

Свод правил и ПУЭ содержат основные требования по необходимым расстояниям между световыми опорами и подземными коммуникациями.

Также в этих документах описаны основы защиты опор от наездов ПУЭ [2].

Для установки световых опор на инженерных сооружениях (мосты, путепроводы, эстакады) необходимо применять специальные ограждения, которые крепятся к несущим элементам инженерного сооружения [13].

На аллеях и пешеходных дорогах установку опор необходимо производить вне пешеходной части.

Опоры, которые оборудованы венчающими светильниками или световыми комплексами, при ширине пешеходной части до 10 м необходимо устанавливать в соответствии с односторонними схемами. В противном случае применяется либо двухрядная, либо прямоугольная шахматная схема. В исключительных случаях разрешена неравномерная установка опор и изменение уровней монтажа светильников. При этом необходимо обеспечить средний требуемый уровень освещенности. Отношение максимальной освещенности к средней должно увеличиваться не более чем в 2 раза.

При наличии деревьев, установку светильников необходимо осуществлять вне крон деревьев с применением удлиненных кронштейнов, которые должны быть обращены в сторону проезжей части улицы. Также допускается использовать тросовые подвесы для монтажа светильников.

Тросы для подвеса светильников и электрической сети разрешается крепить к ограждающим конструкциям зданий с обязательным применением амортизаторов и проведением проверочных расчетов на прочность этих конструкций.

Отношение шага светильников к высоте их подвеса на улицах и дорогах всех категорий должно быть не более 5:1 при одностороннем, осевом или прямоугольном размещении светильников и не более 7:1 при шахматной схеме размещения [13].

В проектах освещения улиц и дорог категорий А и Б с интенсивностью движения более 1000 транспортных единиц/ч в городах и поселках со сред-

ним количеством жидких атмосферных осадков более 600 мм в год необходимо учитывать особенности отражения света влажными дорожными покрытиями, предусматривая применение светильников полуширокого света распределения или широкого с направлением максимальной силы света не выше  $60^\circ$ , если отношение ширины проезжей части к высоте установки светильников  $b/H > 0,5$  при одностороннем их расположении и  $> 1,5$  при двух рядном расположении;

Размещение светильников на закруглениях только с внешней стороны дороги (рисунок 2.2, а). Окрашивание цокольной части опор белой краской. Если количество жидких осадков превышает 700 мм в год, а интенсивность движения на указанных категориях улиц и дорог превышает 2000 транспортных единиц/ч, в дополнение к указанным мерам следует, как правило, предусматривать установку двухламповых светильников или двух светильников на опоре для обеспечения отключения в ночное время до 50% источников света.

### **3 Расчет перспективной системы освещения в г. Геленджик**

#### **3.1 Нормы освещенности**

Освещение улиц, дорог и площадей с регулярным транспортным движением в городских поселениях следует проектировать исходя из нормы средней яркости усовершенствованных покрытий согласно таблице 3.1.

Освещение улиц, дорог и площадей городских поселений, расположенных в северной строительно-климатической зоне азиатской части России и севернее  $66^\circ$  северной широты в европейской части России, следует проектировать исходя из средней горизонтальной освещенности покрытий проезжей части согласно таблице 3.1. Уровень освещения проезжей части улиц, дорог и площадей с переходными и низшими типами покрытий в городских поселениях регламентируется величиной средней горизонтальной освещенности, которая для улиц, дорог и площадей категории Б должна быть 6 лк, для улиц и дорог категории В при переходном типе покрытий - 4 лк и при покрытии низшего типа - 2 лк.

1 Категории улиц и дорог городов по функциональному назначению принимаются в соответствии с классификацией В.

2 Дорожные покрытия относятся к усовершенствованным, переходным или низшим типам в соответствии с классификацией.

Средняя яркость покрытий тротуаров, примыкающих к проезжей части улиц, дорог и площадей, должна быть не менее половины средней яркости покрытия проезжей части этих улиц, дорог и площадей, приведенной в таблице 3.1. Отношение минимальной яркости покрытий к среднему значению должно быть не менее 0,35 при норме средней яркости более 0,6  $\text{кд/м}^2$  и не менее 0,25 при норме средней яркости 0,6  $\text{кд/м}^2$  и ниже. Отношение минимальной яркости покрытия к максимальной по полосе движения должно быть не менее 0,6 при норме средней яркости более 0,6  $\text{кд/м}^2$  и не менее 0,4 при норме средней яркости 0,6  $\text{кд/м}^2$  и ниже [5].

Таблица 3.1- Таблица освещенности СП 52.13330.2011

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
А	Магистральные дороги, магистральные улицы общегородского значения	Св. 3000	1,6	20
		Св. 1000 до 3000	1,2	20
		От 500 « 1000	0,8	15
Б	Магистральные улицы районного значения	Св. 2000	1,0	15
		Св. 1000 до 2000	0,8	15
		От 500 « 1000	0,6	10
		Менее 500	0,4	10
В	Улицы и дороги местного значения	500 и более	0,4	6
		Менее 500	0,3	4
		Одиночные автомобили	0,2	4

1 Средняя яркость покрытия скоростных дорог независимо от интенсивности движения транспорта принимается 1,6 кд/м<sup>2</sup> в черте города и 0,8 кд/м<sup>2</sup> вне города на подъездных к аэропортам, речным и морским портам крупнейших городов.

2 Средняя яркость или средняя освещенность покрытия проезжей части в границах транспортного пересечения в двух и более уровнях на всех пересекающихся магистралях должна быть как на основной из них, так и на съездах и ответвлениях в черте города - не менее 0,8 кд/м<sup>2</sup>, или 10 лк [6].

Среднюю горизонтальную освещенность на уровне покрытия непроезжих частей улиц, дорог и площадей, бульваров и скверов, пешеходных улиц и территорий микрорайонов в городских поселениях следует принимать согласно таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Средняя горизонтальная освещенность на уровне покрытия

Освещаемые объекты	Средняя горизонтальная освещенность, лк
1 Главные пешеходные улицы, непроезжие части площадей категорий А и Б и предзаводские площади	10
2 Пешеходные улицы: в пределах общественных центров	6
на других территориях	4
3 Тротуары, отделенные от проезжей части на улицах категорий: А и Б	4
В	2*
4 Посадочные площадки общественного транспорта на улицах всех категорий	10
5 Пешеходные мостики	10
6 Пешеходные тоннели: днем	100
вечером и ночью	50
7 Лестницы пешеходных тоннелей вечером и ночью	20
8 Пешеходные дорожки бульваров и скверов, примыкающих к улицам категорий (табл. 1):	
А	6
Б	4
В	2
Территории микрорайонов	
9 Проезды: основные	4
второстепенные, в том числе тротуары-подъезды	2

Норма распространяется также на освещенность тротуаров, примыкающих к проезжей части улиц категорий Б и В с переходными и низшими типами покрытий.

На главных пешеходных улицах исторических городов средняя полуцилиндрическая освещенность должна быть не менее 6 лк.

Среднюю горизонтальную освещенность на уровне покрытия улиц, дорог, проездов и площадей следует принимать по таблице 3.3.

Освещенность участков автомобильных дорог общей сети в пределах сельских поселений следует принимать как для улиц категории Б в зависимости от типа дорожного покрытия по таблице 3.1.

Таблица 3.3 - Средняя горизонтальная освещенность на уровне покрытия улиц, дорог, проездов

Освещаемые объекты	Средняя горизонтальная освещенность, лк.
1 Главная улица, площади общественных и торговых центров	4
2 Улицы в жилой застройке:	
основная	4
второстепенная (переулок)	2
проезд	2
3 Поселковая дорога	2

В проектах наружного освещения улиц и дорог категорий А и Б следует предусматривать освещение участков неосвещенных примыкающих улиц и дорог (по нормам освещения этих улиц и дорог) длиной 100 м.

В ночное время допускается предусматривать снижение уровня наружного освещения улиц, дорог и площадей при нормируемой средней освещенности 4 лк, или средней яркости 0,4 кд/м<sup>2</sup> и более путем включения не более половины светильников, исключая при этом выключения двух подряд расположенных, или с помощью регулятора светового потока разрядных ламп высокого давления до уровня не ниже 50 % номинального без отключения светильников.

На улицах и дорогах при нормируемых величинах средней яркости 0,3 кд/м<sup>2</sup>, или средней освещенности 4 лк и менее, на пешеходных мостиках, автостоянках, пешеходных аллеях и дорогах, внутренних, служебно-хозяйственных и пожарных проездах, а также на улицах и дорогах сельских поселений частичное или полное отключение освещения в ночное время не допускается [6].

На улицах, дорогах и транспортных зонах площадей категорий А и Б показатель ослепленности для осветительных установок не должен превышать 150.

Светильники наружного освещения, установленные на стенах зданий, не должны засвечивать окна жилых зданий.

В установках наружного освещения следует использовать светильники

с разрядными источниками света высокого давления, в том числе для установок освещения улиц и дорог с транспортным движением — преимущественно с натриевыми лампами высокого давления.

### **3.2 Выбор системы освещения**

Ответственность выбора системы освещения для городских территорий не должна обсуждаться. Все должно быть продумано и выполнено с максимальной точностью. Каждая световая опора должна соответствовать следующему:

- каждая световая опора должна хорошо освещать прилегающие территории независимо от его размещения. Светильник должен соответствовать всем нормам и требованиям.
- каждый осветительный прибор должен давать дополнительную безопасность на дороге и в пешеходной зоне. Уже давно доказано, что из-за плохого освещения аварии случаются в несколько раз чаще.
- все световые опоры должны выглядеть эстетично и не «резать» глаз прохожих. Они должны выполнять архитектурную и дизайнерскую функции.
- световая опора должна иметь большой эксплуатационный срок, чтобы их не пришлось менять каждый год. Долговечность - очень важный критерий, ведь все осветительные приборы работают часами и постоянно подаются невероятному напряжению и нагрузке. Поэтому корпус таких фонарей должен обладать максимальной прочностью, надежностью и устойчивостью к повреждениям. Плафоны обычно имеют удароустойчивое стекло.
- экономия - наверное, самый главный из факторов, особенно в странах СНГ.

### **3.3 Светотехнический расчёт**

Для светового участка выбираем расчет осветительной установки методом коэффициента использования по средней освещенности. Для осветительной установки применяем KEDR 2.0 SKY - консольные светодиодные светильники нового поколения.



Светильники серии KEDR 2.0 SKY разработаны с применением инновационной технологии безреберного теплоотвода FINFREE, что позволило поднять эффективность световых приборов, с учетом всех потерь, до 140лм/Вт.

Светильники серии KEDR 2.0 SKY обладают самыми тонкими корпусами в классе профессионального освещения, толщина корпуса всего 7 мм.

Для создания необходимой световой среды светильники серии KEDR оснащаются вторичной оптикой, выполненной из светостабилизированного поликарбоната, разработанной специалистами компании ЛЕД-Эффект.

Гибкая система компоновки позволяет производить светильники необходимой мощности в диапазоне от 25 Вт до 300 Вт с шагом 5 Вт на выбор заказчика.

Светильники серии KEDR 2.0 SKY предназначены для монтажа на стандартные опоры уличного освещения диаметром до 48 мм. Светильники KEDR SKY 2.0 оснащаются консольными кронштейнами с дискретной регулировкой угла наклона.

Светильники серии KEDR 2.0 SKY по умолчанию оснащаются светодиодами холодного белого свечения (5000К), по требованию заказчика могут устанавливаться светодиоды нейтрально-белого (4000К) или теплого белого (3000К) свечения.

Корпуса светильников окрашены порошковой краской, конструктивные элементы выполнены из нержавеющей стали и устойчивы к воздействиям окружающей среды.

Продуманная конструкция светильников позволяет производить замену источника питания без демонтажа светильников.

Светильники обладают высокой степенью защиты от воздействия окружающей среды – IP67.

Вид данного светильника представлен на рисунке 3.1.

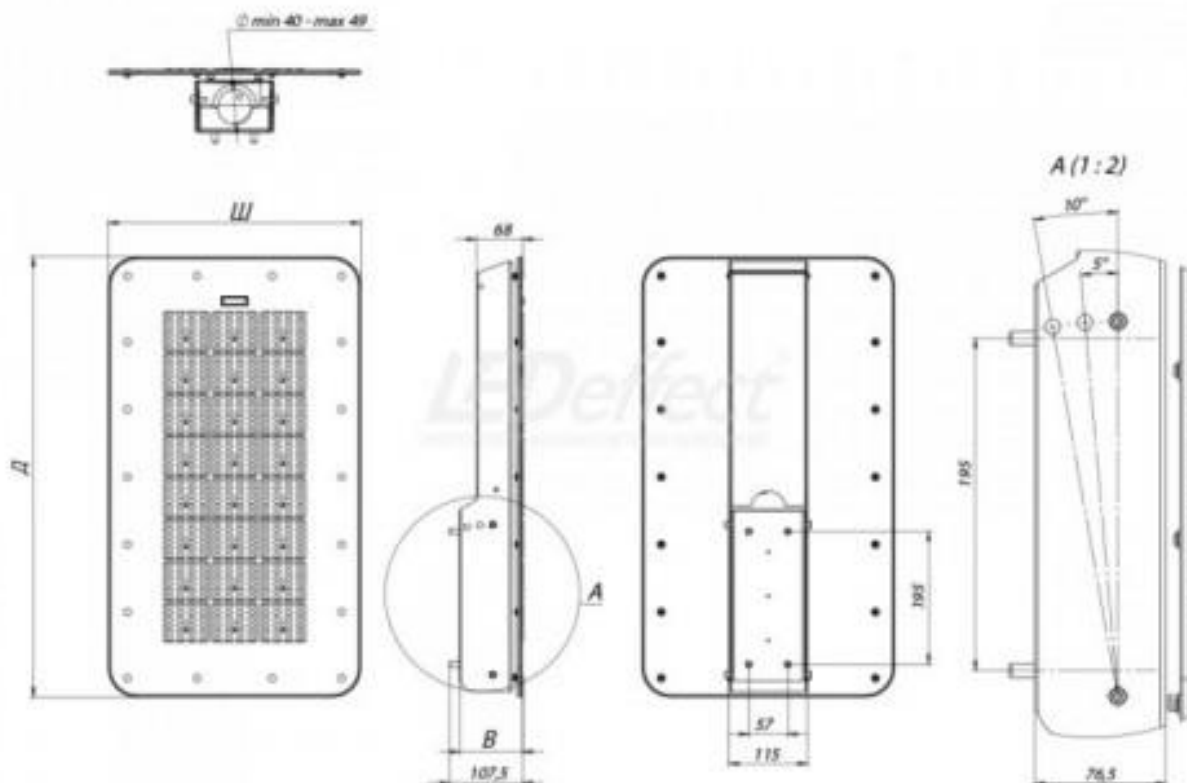


Рисунок 3.1 - Светильники серии KEDR 2.0 SKU

Преимущества:

- высокая эффективность светильников более 140 лм/Вт;
- светодиоды фирмы NICHIA, OSRAM, CREE;
- герметичный коннектор IP67 для подключения к сети в комплекте;
- светильники необходимой мощности от 25 Вт до 300 Вт с шагом 5 Вт;
- тонкий корпус, всего 7 мм, легкий вес световой установки;
- инновационная технология отвода тепла;
- вторичная оптика из светостабилизированного поликарбоната;
- вторичная оптика собственного производства;
- в модификации с КСС тип «Д» – рассеиватель выполнен из прочного прозрачного поликарбоната толщиной 2 мм;
- замена источника питания без демонтажа светильника;
- простой монтаж на стандартные опоры уличного освещения,  $d$  до 48 мм;

- возможна установка светильника на стену при помощи кронштейна с регулировкой угла наклона;
- степень защиты IP 67.

Для расчета светотехнической установки выбираем светильники KEDR 2.0 СКУ со световым потоком 10000 лм.

В связи с тем, что схема расстановки опор была намечена заранее по ранее существующей схеме, расстояние между опорами принимаем равным 25 метров.

Проезжая часть является главной улицей, поэтому среднюю нормируемую освещенность принимаем согласно СП 52.13330.2011 - 10 лк.

Тротуар отделен от проезжей части - нормируемая освещенность согласно СП 52.13330.2011 - 4 лк.

Так как световой поток 10000 лм, светильник устанавливаем на высоте 8 метров – высота опоры это позволяет.

$D=25$  м. - расстояние между опорами;

$\Phi_{л}=10000$  лм - световой поток;

$b=8$  м. - ширина дороги;

$h=8$  м. - высота установки светильника;

$b_2=0,6$  м. - расстояние от дороги до опоры.

Для определения шага светильников одного ряда формула

$$E_{\text{ср}} = \frac{l}{\pi D b K_3} \sum_{i=1}^M U_E \Phi_{\text{ли}} N_i \quad (3.1)$$

примет вид:

$$D = \frac{U_E \Phi_{\text{л}} N}{E_{\text{ср}} b K_3} \quad (3.2)$$

где  $D$  – шаг светильников (расстояние между проекциями места установки светильников на горизонтальную плоскость), м;

$b$  – ширина освещаемой площади, м;

$K_3$  – коэффициент запаса;

$U_E$  – коэффициенты использования светового потока по освещенности;

$E_{cp}$  – нормируемая средняя освещенность, лк;

$N$  – число светильников на опоре.

Определяется коэффициент использования по формуле

$$U_E = U_1 + U_2 \quad (3.3)$$

Значение  $U_1$  находим по величине

$$b/h = (b+b_2)/h \quad (3.4)$$

$$b/h = (8+0,6)/8 = 1,075$$

из справочника коэффициентов использования светового потока.

$$U_1 = 0,268$$

Аналогично находим

$$U_2 = f(b^2/h) = 0,034$$

Отсюда

$$U_E = 0,268 + 0,034 = 0,302$$

По 3.1, записанной для одного ряда светильников, определяем среднюю освещенность на проезжей части.

$$E = \frac{10000 \cdot 0,302}{25 \cdot 8 \cdot 1,5} = 10,06 \text{ лк}$$

Это соответствует СП 52.13330.2011, следовательно, светильники серии KEDR 2.0 СКУ подходят для использования в данной осветительной установке.

Проверим соответствие шага опор требуемому среднему уровню освещенности по (3.2).

$$D = \frac{10000 \cdot 0,302 \cdot 1}{10 \cdot 8 \cdot 1,5} = 25 \text{ м}$$

Шаг опор соответствует схеме.

### 3.4 Технологические и конструктивные решения

В настоящее время случается резкое становление светотехнической индустрии, выделяющей источники света и осветительные приборы, что вызывает потребность соответствующих конфигураций в системах и формах опор для них.

На рисунке 3.1 представлены схемы опор со светильниками для освещения дорог и тротуара. Внешний вид опор может быть весьма разным и зависит не только от материалов, технологии и архитектурного вида, но в большей степени от конкретного места использования [6].

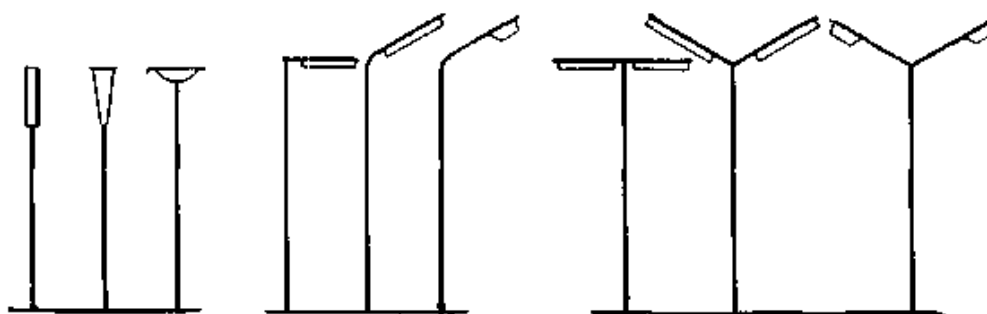


Рисунок 3.1 - Схемы современных типов опор для светильников уличного освещения

Для реализации проекта наружного освещения г. Геленджика применяем серии КОО-60. Данный тип металлических опор используется для освещения мостов, автомобильных магистралей, парков, городских скверов и площадей, автостоянок, АЗС, парковок и прочих объектов. Согласно СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия», область применения данных металлических конструкций ограничена I-VII районами по ветровому давлению. Конструкция несилowych круглоконических опор предусматривает крепеж кронштейнов и установку осветительного оборудования. Полностью оснащенные круглоконические опоры допускаются к эксплуатации в условиях воздействия ветровой, снеговой и гололедной нагрузок (и их комбинаций).

Вид опоры приведен на рисунке 3.2.

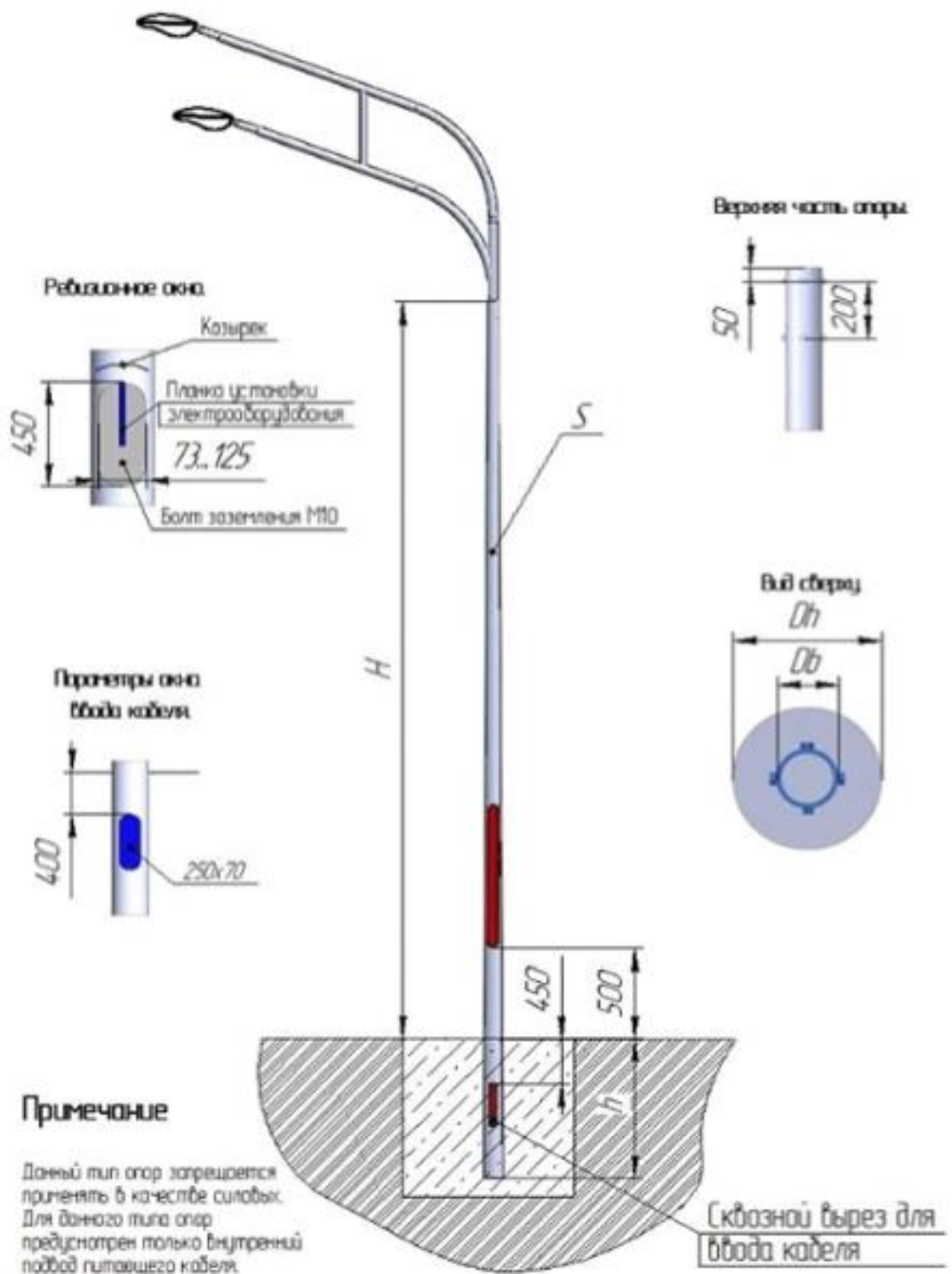


Рисунок 3.2- Вид опоры применяемой опоры

### **3.5 Надёжность работы осветительных установок**

Питание установок наружного освещения может выполняться непосредственно от трансформаторных подстанций, распределительных пунктов и вводно-распределительных устройств (ВРУ).

Для питания светильников уличного освещения, а также наружного освещения промышленных предприятий должны прокладываться, как правило, самостоятельные линии. Питание светильников допускается выполнять от дополнительно прокладываемых для этого фазных и общего нулевого провода воздушной электрической сети города, населенного пункта, промышленного предприятия.

Осветительные установки городских транспортных и пешеходных тоннелей, осветительные установки улиц, дорог и площадей категории А по надежности электроснабжения относятся ко второй категории, остальные наружные осветительные установки - к третьей категории.

Питание светильников освещения территорий микрорайонов следует осуществлять непосредственно от пунктов питания наружного освещения или от проходящих вблизи сетей уличного освещения (исключая сети улиц категории А) в зависимости от принятой в населенном пункте системы эксплуатации. Светильники наружного освещения территорий детских яслей-садов, общеобразовательных школ, школ-интернатов, больниц, госпиталей, санаториев, пансионатов, домов отдыха, пионерлагерей могут питаться как от вводных устройств этих зданий или трансформаторных подстанций, так и от ближайших распределительных сетей наружного освещения при условии соблюдения требований п. 6.5.27 [2].

Освещение открытых технологических установок, открытых площадок производства работ, открытых эстакад, складов и других открытых объектов при производственных зданиях может питаться от сетей внутреннего освещения зданий, к которым эти объекты относятся.



## **4 Интеллектуальная система управления наружного освещения**

### **4.1 Преимущества данной системы**

Главное преимущества использования интеллектуальной системы управления наружного освещения это сокращение затраты на электроэнергию, которые могут снижаются до 35%. Эта экономия достигается за счет интеллектуального включения/выключения, выборочного затемнения.

Совместные эксплуатационные затраты понизятся до 42% за счет:

- затемнения уличного освещения в периоды невысокого трафика и выключения в определенное для нас время;
- методом прогноза употребления энергии и сокращения утрат энергии;
- продления срока эксплуатации оснащения за счет уменьшения срок работы;
- прогнозирования и предотвращения поломок методом прогноза в реальном времени 24/7;
- предоставления четкой информации о поломке;
- уменьшения затрат на обслуживание с помощью очного мониторинга.

Выдающиеся качества дистанционного управления:

- использование для связи кабеля питания;
- нет необходимости в строительстве дополнительной инфраструктуры или каких-либо строительных работ;
- недоступность помех от иных сетей;
- подходящее внедрение структурированных уличных осветительных сетей;
- работа случается в режиме реального времени, исполняется неизменный контроль и сбор данных;
- открытые коммуникационные протоколы;
- сопоставимость со сторонними компонентами, вероятны интеграция с существующими и будущими системами мегаполиса.
- быстрое и экономное воплощение проекта [20].


## 4.2 Особенности данной системы

Данная система не требует дополнительной установки компонентов. Она способна работать с любыми видами ламп. Контроллеры подходят ко всем светодиодным и газоразрядным лампам.

## 4.3 Техническое оснащение применяемой системы

Перечень оборудования используемого в предлагаемой системе указан таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Перечень оборудования

№	Вид	Наименование	Назначение
1	2	3	4
1		ON/OFF электронный контроллер FPX-220	Создания удаленного управления в уличных осветительных приборах
2		Электронный балласт-регулятор FPE-220 / 220D	Электромагнитный балласт CONTROLLER FPM-402 предназначен для создания удаленного управления в уличных осветительных приборах
3		Электромагнитный балласт CONTROLLER FPM-402	Электромагнитный балласта CONTROLLER FPM-152 предназначен для создания удаленного управления в уличных осветительных приборах

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4
4		<p>Электромагнитный балласта FPM-152</p>	<p>Электромагнитный балласта CONTROLLER FPM-152 предназначен для создания удаленного управления в уличных осветительных приборах.</p>
5		<p>FRB-110 интеллектуальный коммуникатор</p>	<p>FRB-110 интеллектуальный коммуникатор центр дистанционного управления, обеспечивающий безопасное соединение между контроллерами уличного освещения и центром управления программным обеспечением</p>
6		<p>Контроль наличия напряжения FVD-124</p>	<p>Контроль наличия напряжения FVD-124 предназначен для контроля электрических сетей с напряжением до 300 В, обеспечивает при этом обратную связь в режиме реального времени через измеряемые параметры.</p>
7		<p>Электрический сетевой анализатор FNM-232</p>	<p>Электрический сетевой анализатор FNM-232 предназначен для проведения измерений и анализа различных параметров в уличных осветительных сетях</p>
8		<p>Смарт-сервер (сбор данных) FPC-200</p>	<p>Использует технологию Echelon Powerline (i.LON SmartServer 2.0), которая позволяет собирать данные, полученные от других элементов и преобразовать информацию для отправки на центральный процессор.</p>

## 5 Выбор и обоснование схемы электроснабжения системы наружного освещения г. Геленджик

Для наружного освещения городов применяется каскадная схема дистанционного управления, которая приведена на рисунке 5.1.

В данной системе управление линиями наружного освещения осуществляется следующим путем подключается катушки магнитного пускателя второго участка в линию первого, катушки пускателя третьего участка в линию второго. Возможна и другая схема, при которой включение и отключение магнитных пускателей производится из диспетчерского пункта с помощью телемеханических устройств [18].

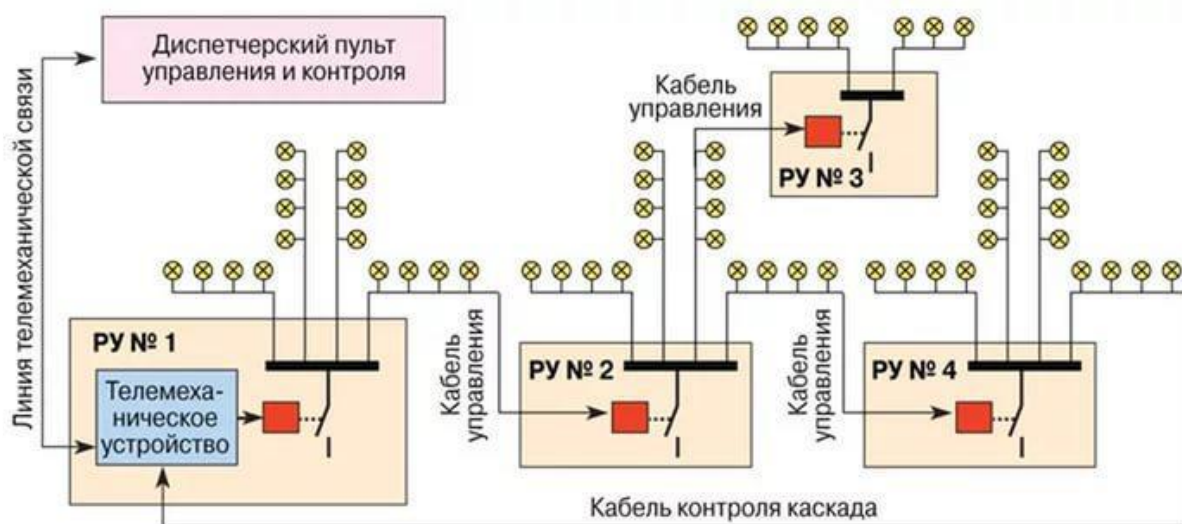


Рисунок 5.1 - Каскадная схема дистанционного управления

Дистанционное управление освещением имеет следующие функции:

- вечерний режим - это когда все осветительные приборы включены;
- ночной режим – это такой режим работы, при котором часть светильников не работают.

## 6 Расчет токов короткого замыкания

Рассчитаем схемы для точек и видов КЗ [16].

Расчет токов к.з. в точке К1 проводится для выбора аппаратуры на стороне высшего напряжения, в точке КЗ - для проверки защит отходящих линий 0,38 кВ.

Ток трехфазного к.з. для трансформатора с  $S_{\text{НОМ}} = 160 \text{ кВА}$ :

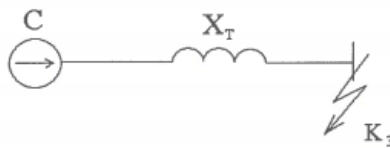


Рисунок 6.1 - Схема замещения

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{100}{U_{\text{к}}\%} \cdot \frac{S_{\text{НОМ гр-ра}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} \quad (6.1)$$

где  $U_{\text{к}}\%$  - напряжение к.з. трансформатора, %;

$S_{\text{НОМ}}$  - номинальная мощность трансформатора, кВА;

$$I_{\text{к}}^{(3)} = \frac{100}{4,5} \cdot \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 5402 \text{ А}$$

Ток однофазного короткого замыкания определяется по формуле:

$$I_{\text{к}}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{\text{Т}}}{3} + Z_{\text{п}}} \quad (6.2)$$

где  $Z_{\text{Т}}$  - полное сопротивление трансформатора току замыкания на корпус [6];

$Z_{\text{п}}$  - полное сопротивление петли «фазный провод - нулевой провод».

$$Z_{\pi} = \sqrt{(R_{\phi} + R_{H})^2 + X_{\pi}^2} \quad (6.3)$$

где  $R_{\phi}$ ,- активное сопротивление фазного провода ( $R_{\phi}=R_0 \cdot l$ );

$R_H$  - активное сопротивление нулевого провода ( $R_H = R_0 \cdot l$ );

$X_{\pi}$  – индуктивное сопротивление петли «фаза-нуль» ( $X_{\pi}=X_{удл} \cdot l$ ).

Данные о расчетах представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Результат расчет

№ линии	$U_{\phi}$ , В	$R_0$ фазного ом/км	$R_0$ нулевого, ом/км	$X_{уд}$ ом/км	$l$ ,км	$Z_T$ , Ом	$Z_{\pi}$ , Ом	$I_K^{(1)}$ , А	$I_K^{(3)}$ , А
1	230	0,32	0,493	0,6	0,386	0,7	0,41	304,8	5102,1
2	230	0,32	0,493	0,6	0,480	0,7	0,67	354,8	5402,1
3	230	0.32	0,493	0,6	0,406	0,7	0,67	254,1	5402,1

## 7 Расчет и выбор электрооборудования и проводников

### 7.1 Выбор кабельных линий. Проверка выбранных кабельных линий

Питание сети наружного освещения осуществляется от существующей поселковой трансформаторной подстанции трехфазным переменным напряжением 380В с глухозаземленной нейтралью. На пункте питания производится распределение трехфазного напряжения на три канала, питающих однофазным переменным напряжением 220В три отдельные линии уличного освещения.

Определяем суммарную нагрузку линий освещения:

$$\sum P = P \cdot n, \text{ кВт} \quad (7.1)$$

где  $P$  – мощность лампы;

$n$  - число светильников в линии;

Распределение светильников по линиям сведено в таблице 7.1

Таблица 7.1 - Характеристики воздушных линий осветительной сети

Номер линии	Число светильников, шт.	Длина линии, м.
L1	16	386
L2	19	480
L3	18	406

Мощность светильники серии KEDR 2.0 SKY = 200 Вт.

По формуле (7.1) определяем суммарную мощность по линиям

$$\sum P_1 = 200 \cdot 16 = 3,2 \text{ кВт}$$

$$\sum P_2 = 200 \cdot 19 = 3,8 \text{ кВт}$$

$$\sum P_3 = 200 \cdot 18 = 3,6 \text{ кВт}$$

Выбираем сечение кабеля линии по максимально- допустимому току:

$$I = \frac{P}{\cos\varphi \cdot U_H}, \text{ А} \quad (7.2)$$

где  $P$  – активная мощность потребителей, Вт;

$\cos \varphi$  - коэффициент мощности;

$U_H$  - номинальное напряжение, В.

$$I_1 = \frac{3200}{0,95 \cdot 220} = 15,32 \text{ А}$$

$$I_2 = \frac{3800}{0,95 \cdot 220} = 18,18 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{3600}{0,95 \cdot 220} = 17,22 \text{ А}$$

Выбор сечения проводов по нагреву производится по рассчитанной длительно допустимой токовой нагрузке на провод.

Условие выбора кабеля:

$$\begin{aligned} I_{\text{раб}} &\leq I_{\text{доп}} \\ 15,32 \text{ А} &\leq 75 \text{ А} \\ 18,18 \text{ А} &\leq 75 \text{ А} \\ 17,22 \text{ А} &\leq 75 \text{ А} \end{aligned}$$

Следовательно, принимаем кабель на освещение СИП-4 3×16.

Электрические параметры кабеля представлены в таблице 7.2.



Таблица 7.2 - Электрические параметры кабеля СИП

Количество жил их сечение	Жилы токопроводящих проводов				Жила несущего нулевого провода		
	Сопротивление постоянному току, Ом/км.		Реактивное сопротивление, Ом/км.		Сопротивление постоянному току, Ом/км.		Реактивное сопротивление нулевой последовательности. Ом/км
	+20 °С	+70 °С	Прямой последовательности	Нулевой последов.	+20 °С	+70 °С	
3×16	1,91	2,30	0,090	-	1,38	1,52	0,072

Крепление провода СИП магистрали воздушной линии на промежуточной опоре осуществляется с помощью поддерживающего зажима SO-140.

Крепление провода СИП магистрали воздушной линии на анкерных опорах с помощью натяжных зажимов марки SO-158.1, SO-157.1.

Соединение проводов магистрали ВЛИ с ответвлением к светильнику - с помощью соединительных прокалывающих зажимов марки SLIW-11.1, имеющих защитную изолирующую оболочку.

Крепление поддерживающих и натяжных зажимов к опорам ВЛИ осуществляется крюками марки SOT-15.9. Стрела провеса при монтаже СИП должна быть: 0,6м. при -20С; 0,7м. при 0С; 0,8м. при +20С; 0,9м. при +40С.

Расстояние по вертикали от проводов ВЛИ до поверхности земли и проезжей части улиц должно быть не менее 5 м.

Соединение заземляющих проводников между собой, присоединение их к верхним заземляющим выпускам стоек железобетонных опор, к крюкам и кронштейнам, а также к заземляемым металлоконструкциям и к заземляемому электрооборудованию, установленному на опорах ВЛИ, выполняется сваркой или болтовыми соединениями.

Пересечения линий с улицами и дорогами при пролетах не более 40 м допускается выполнять без применения анкерных опор и двойного крепления проводов.

Расчет потерь напряжения производится для определения показаний качества электроэнергии и конкретно – отклонение напряжения от его номинального значения.

Потери напряжения в линии определяют по формуле:

$$\Delta U\% = \frac{\sum M}{cS} \quad (7.3)$$

где  $M$  – момент нагрузки;

$S$  - сечение провода, мм<sup>2</sup>;

$$M = P \cdot L \quad (7.4)$$

где  $L$  - длина участка сети, м;

$P$  - нагрузка потребителей, кВт;

$$c = \frac{\gamma U_{ном}^2}{2 \cdot 10^5} \quad (7.5)$$

где  $\gamma$  - удельная проводимость материала проводов сети, м/(Ом·мм<sup>2</sup>);

$U_{ном}$  – номинальное напряжение сети, В;

Вычисляем коэффициент  $c$  по формуле (7.5)

$$c = \frac{32 \cdot 220^2}{2 \cdot 10^5} = 7.74$$

Определяем потери напряжения по участкам линии 1 при помощи формулы (7)

Участок ТП – 46

$$\Delta U\% = \frac{0.1 \cdot 44 + 0.1 \cdot 94 + 0.1 \cdot 94 + 0.1 \cdot 138}{7.74 \cdot 16} = 0.239\%$$

Участок 46-41

$$\Delta U\% = \frac{0.1 \cdot 50 + 0.1 \cdot 100 + 0.1 \cdot 150 + 0.1 \cdot 200 + 0.1 \cdot 250 + 0.125}{7.74 \cdot 16} = 0.48\%$$

Участок 46-53

$$\Delta U\% = \frac{0.1 \cdot 50 + 0.1 \cdot 100 + 0.1 \cdot 150 + 0.1 \cdot 200 + 0.1 \cdot 250 + 0.1 \cdot 300 + 0.1 \cdot 350}{7.74 \cdot 16} = 0.9\%$$

Потеря напряжения на участке ТП – 41

$$\Delta U\%_{ТП-41} = 0.48 + 0.239 = 0.724\%$$

Потеря напряжения на участке ТП – 53

$$\Delta U\%_{ТП-53} = 0.9 + 0.239 = 1.143\%$$

Определяем потери напряжения по участкам линии 2 при помощи формулы (7).

Участок ТП – 23

$$\Delta U\% = \frac{0.1 \cdot 150 + 0.1 \cdot 166}{7.74 \cdot 16} = 0.211\%$$

Участок 23-30

$$\Delta U\% = \frac{0,1 \cdot 50 + 0,1 \cdot 100 + 0,1 \cdot 150 + 0,1 \cdot 200 + 0,1 \cdot 250 + 0,1 \cdot 300 + 0,1 \cdot 20}{7,74 \cdot 16} = 0,90\%$$

Участок 23-40

$$\Delta U\% = \frac{121}{7,74 \cdot 16} = 1,56\%$$

Потеря напряжения на участке ТП – 30

$$\Delta U\%_{ТП-30} = 0,211 + 0,9 = 1,115\%$$

Потеря напряжения на участке ТП – 40

$$\Delta U\%_{ТП-40} = 0,211 + 1,56 = 1,774\%$$

Определяем потери напряжения по участкам линии 3 при помощи формулы (7)

Участок ТП – 9

$$\Delta U\% = \frac{0,1 \cdot 102}{7,74 \cdot 16} = 0,047\%$$

Участок 9-8

$$\Delta U\% = \frac{0,1 \cdot 26 + 0,1 \cdot 76 + 0,1 \cdot 126 + 0,1 \cdot 166 + 0,1 \cdot 126}{7,74 \cdot 16} = 0,407\%$$

Участок 4-21

$$\Delta U\% = \frac{385,8}{7,74 \cdot 16} = 2,49\%$$

Потеря напряжения на участке ТП – 23

$$\Delta U\%_{ТП-8} = 0.407 + 0,047 = 0.45\%$$

Потеря напряжения на участке ТП – 21

$$\Delta U\%_{ТП-21} = 0.047 + 2.49 = 2.54\%$$

Все три линии сети освещения удовлетворяют условию по потере напряжения не более 5% от номинального.

## 7.2 Выбор электрооборудования и коммутационно-защитной аппаратуры

Выбор аппаратов управления, защиты.

Условия выбора аппаратов защиты для линии сведены в таблицу 7.3

Таблица 7.3 - Условия выбора аппаратов защиты линии 1

Условие выбора	Параметры сети и нагрузки	Параметры защитного аппарата
$U_{н\ авт} \geq U_c$	$U_c = 220\text{ В}$	$U_n = 220\text{ В}$
$I_{н\ авт} \geq I_{раб}$	$I_{раб} = 15,32\text{ А}$	$I_{н\ авт} = 25\text{ А}$
$I_{т.р.} \geq I_{раб}$	$I_{пуск} = I_{раб} = 15,32\text{ А}$	$I_{т.р.} = 25\text{ А}$
$I_{эмр} \geq I_{раб}$	$P_n = 3200\text{ Вт}$	$I_{эмр} = 5I_{н\ авт} = 125\text{ А}$

Таблица 7.4 - Условия выбора аппаратов защиты линии 2

Условие выбора	Параметры сети и нагрузки	Параметры защитного аппарата
$U_{н\ авт} \geq U_c$	$U_c = 220\text{ В}$	$U_n = 220\text{ В}$
$I_{н\ авт} \geq I_{раб}$	$I_{раб} = 18,18\text{ А}$	$I_{н\ авт} = 25\text{ А}$

$I_{т.р.} \geq I_{раб}$	$I_{пуск} = I_{раб} = 18,18 \text{ А}$	$I_{т.р.} = 25 \text{ А}$
$I_{эмр} \geq I_{раб}$	$P_{н} = 3800 \text{ Вт}$	$I_{эмр} = 5I_{н авт} = 125 \text{ А}$

Таблица 7.5 - Условия выбора аппаратов защиты линии 3

Условие выбора	Параметры сети и нагрузки	Параметры защитного аппарата
$U_{н авт} \geq U_c$	$U_c = 220 \text{ В}$	$U_{н} = 220 \text{ В}$
$I_{н авт} \geq I_{раб}$	$I_{раб} = 17,22 \text{ А}$	$I_{н авт} = 25 \text{ А}$
$I_{т.р.} \geq I_{раб}$	$I_{пуск} = I_{раб} = 17,22 \text{ А}$	$I_{т.р.} = 25 \text{ А}$
$I_{эмр} \geq I_{раб}$	$P_{н} = 3600 \text{ Вт}$	$I_{эмр} = 5I_{н авт} = 125 \text{ А}$

где  $U_{н авт}$  – номинальное напряжение автоматического выключателя, В;

$I_{н авт}$  – номинальный ток автоматического выключателя, А;

$I_{т.р.}$  – ток теплового расцепителя, А;

$I_{эмр}$  – ток электромагнитного расцепителя, А;

$I_{раб}$  – рабочий ток нагрузки, А.

По каталогу выбираем щит освещения ОП-3 УХЛ4, на три однофазных группы без вводного автоматического выключателя, на отходящих линиях автоматические выключатели - Sirius 3RV1431-4DA10 с номинальным током 25 А. Щит освещения запитывается с зажимов вводного автоматического выключателя.

## **8 Организация учета электроэнергии системы наружного освещения г. Геленджик**

Система учета электроэнергии системы наружного освещения г. Геленджик организована с помощью счётчика Альфа.

Данный счетчик необходим для

- учёта активной и реактивной энергий в цепях переменного тока;
- для использования в составе автоматизированных систем контроля и учёта электроэнергии для передачи измеренных или вычисленных параметров на диспетчерский пункт по контролю, учёту и распределению электрической энергии.

Счётчик Альфа обладает следующими функциями:

- учет активных и реактивных показаний;
- учёт потребленной и выданной электроэнергии в режиме многотарифности по 4 тарифным зонам;
- измерение наибольшей мощности нагрузки в определенном интервале времени;
- запись даты и времени максимальной активной и реактивной мощности для каждой тарифной зоны;
- запись и хранение в памяти счётчика данных графика нагрузки по 4 каналам;
- автоматический контроль нагрузки с возможностью ее отключения или сигнализации;
- организация систем АСКУЭ на основе счетчиков Альфа;

- регистрация показаний качества электроэнергии.

Принцип действия счётчика Альфа состоит в аналого-цифровом преобразовании значения напряжения и тока с последующим вычислением энергий и мощностей. Данный счётчик состоит из измерительных датчиков напряжения и тока, основной электронной платы с микропроцессорной схемой измерения и быстродействующего микроконтроллера. Измеряемые величины и другие требуемые данные отображаются на дисплее счётчика, выполненного на жидких кристаллах. Устанавливаем счётчики Альфа на отходящих линиях и вводах. Для учёта электроэнергии идущей на собственные нужды подстанции также используем счётчики Альфа. Счётчики устанавливаем на вводе 0,4 кВ от трансформаторов собственных нужд. Подключение всех счётчиков осуществляем через трансформаторы тока приведены на рисунках 8.1 и 8.2.

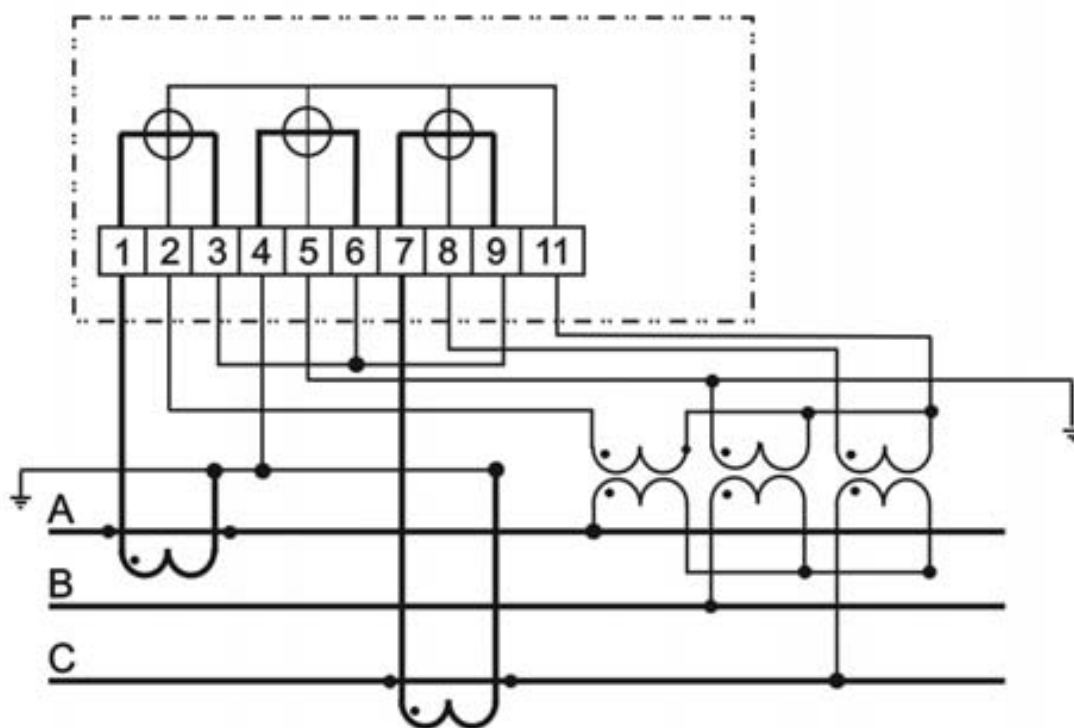


Рисунок 8.1 – Схема включения счётчика к 3-х трехпроводной сети через ТА  
TV и напряжения



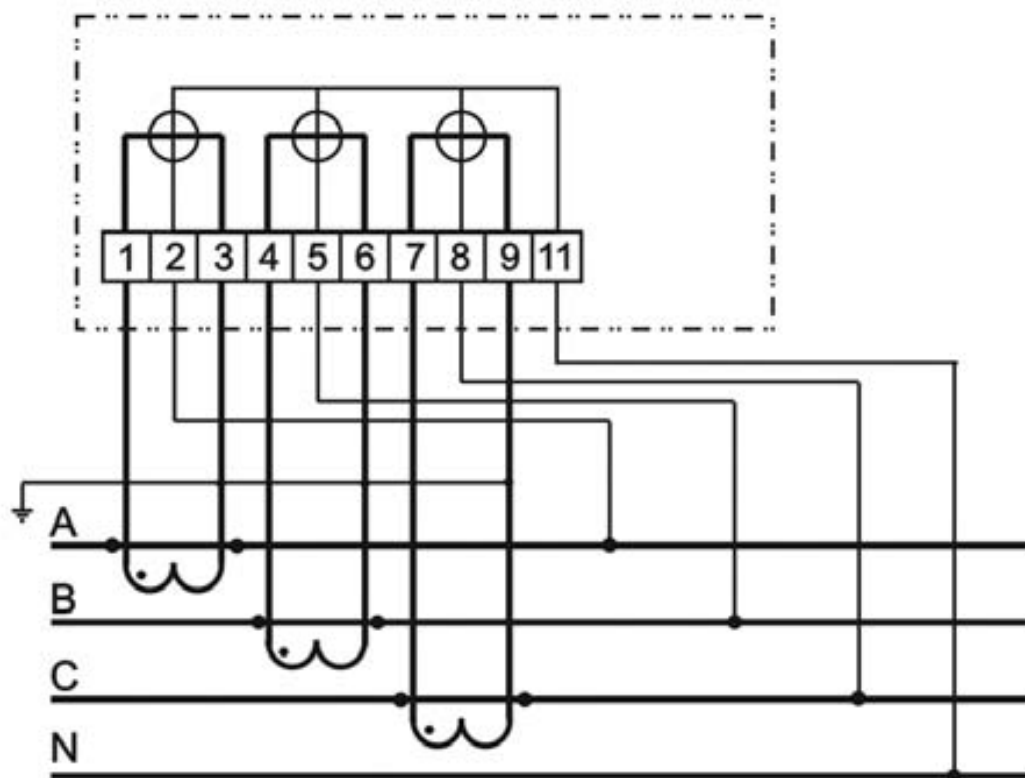


Рисунок 8.2 – Схема включения счетчика к 3-х четырехпроводной сети через  
ТА

## 9 Расчет системы заземления, режим работы нейтрали по стороне 0,4 кВ

В зависимости от режима нейтрали электрические сети разделяют на четыре группы [2]:

- сети с незаземленными (изолированными) нейтральями;
- сети с резонансно-заземленными (компенсированными) нейтральями;
- сети с эффективно заземленными нейтральями;
- сети с глухозаземленными нейтральями.

Согласно требованиям [2] сети с номинальным напряжением до 1 кВ, питающиеся от понижающих трансформаторов, присоединенных к сетям с  $U_{ном} > 1$  кВ, выполняются с глухим заземлением нейтрали.

Это крайне важно также осуществить, так как необходимо обеспечить заземление всего оборудования на заземленную нейтраль. Защищенность тогда поддерживается незамедлительным механическим отключением аварийного участка при протекании огромного тока металлического КЗ.

При расчёте заземляющего устройства согласно [2] определяется следующее:

- тип заземлителей;
- количество и место размещения;
- сечение заземляющих проводников.

Данный расчёт производится для определённого сопротивления заземляющего устройства в соответствии с требованиями [2].

Найдем расчётное сопротивление одного вертикального электрода по формуле:

$$r_B = 0,3 \cdot \rho \cdot K_{сез.в} \quad (9.1)$$

где  $r_B$  – сопротивление одного вертикального электрода, Ом.;

$K_{\text{сез.в.}}$  – коэффициент сезонности;

$\rho$  – удельное сопротивление грунта.

$$r_{\text{в}} = 0,3 \cdot 105 \cdot 1,7 = 51 \text{ Ом}$$

Найдем предельное сопротивление совмещённого заземляющего устройства. Требуемое по стороне низкого напряжения сопротивление заземляющего устройства должно удовлетворять неравенству:

$$R_{\text{з.у.}} \leq 4 \text{ Ом.}$$

Принимаем сопротивление заземляющего устройства 4 Ом.

Рассчитаем количество вертикальных электродов:

- без учёта экранирования по формуле:

$$N'_{\text{в.п.}} = \frac{r_{\text{в}}}{R_{\text{з.у.}}} \quad (9.2)$$

где  $N'_{\text{в.п.}}$  – количество вертикальных электродов;

$r_{\text{в}}$  – сопротивление одного вертикального электрода, Ом.;

$R_{\text{з.у.}}$  – сопротивление заземляющего устройства, Ом.

$$N'_{\text{в.п.}} = \frac{51}{4} = 12,75$$

Принимаем  $N'_{\text{в.п.}}=14$  - с учётом экранирования.

$$N_{\text{в.п.}} = \frac{N'_{\text{в.п.}}}{\eta_{\text{в}}} \quad (9.3)$$

где  $\eta_{\text{в}}$  – коэффициент использования,  $\eta_{\text{в}}=0,64$ .

$$N_{B.P.} = \frac{14}{0,64} = 21,88$$

Принимаем  $N_{B.P.} = 22$  шт.

Размещается заземляющее устройство на плане и уточнённые расстояния ,наносятся на план.

При контурном заземлении заземлители располагаются по периметру здания. Так как контурное заземляющее устройство закладывается на расстоянии не менее метра, то длина по периметру закладки определяется по формуле:

$$L_{\Pi} = (A+2) \cdot 2 + (B+2) \cdot 2 \quad (9.4)$$

где  $A$  – длина помещения, м.;

$B$  – ширина помещения, м.

$$L_{\Pi} = (8,1 + 2) \cdot 2 + (6,95 + 2) \cdot 2 = 30,1 \text{ м.}$$

Тогда расстояние между электродами уточняется с учётом формы здания. По углам устанавливаем по одному вертикальному электроду, а оставшиеся между ними.

Определим расстояния между электродами по формулам:

$$a_B = \frac{B'}{n_B - 1} \quad (9.5)$$

где  $B'$  – ширина здания, м.;

$n_B$  – число электродов.

$$a_B = \frac{8}{3} = 2,7 \text{ м,}$$

$$a_A = \frac{A'}{n_A - 1} \quad (9.6)$$

где  $A'$  - длина здания, м.;

$n_A$  - число электродов.

$$\begin{aligned} a_A &= \frac{23}{8} = 2,87 \text{ м}, \\ \left(\frac{a}{L_B}\right) &= \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{a_B + a_A}{3}\right), \\ \left(\frac{a}{L_B}\right) &= \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{2,7 + 2,87}{3}\right) = 3,17 \text{ м} \end{aligned} \quad (9.7)$$

Тогда по таблице находим уточнённые коэффициенты использования электродов:

$\eta_B = F(\text{контурное}; 3,1; 22) = 0,64$  - коэффициент использования вертикального электрода;

$\eta_\Gamma = F(\text{контурное}; 3,1; 22) = 0,32$  - коэффициент использования горизонтального электрода.

Найдем уточнённые значения сопротивлений вертикального и горизонтального электродов.

Рассчитаем сопротивление горизонтального электрода  $R_\Gamma$ , Ом, по формуле:

$$R_\Gamma = \frac{0,4}{L_\Pi \cdot \eta_\Gamma} \cdot \rho \cdot K_{\text{сез.}\Gamma} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_\Pi^2}{b \cdot t} \quad (9.8)$$

где  $L_\Pi$  - длина контура по периметру закладки, м.;

$\eta_\Gamma$  - коэффициент использования горизонтального электрода;

$\rho$  - удельное сопротивление грунта, Ом·м.;

$K_{\text{сез.}\Gamma}$  - коэффициент сезонности;

$$b = 40 \cdot 10^{-3},$$

$$t = 0,7,$$

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{30,1 \cdot 0,32} \cdot 105 \cdot 2,5 \cdot \lg \frac{2 \cdot 62^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 27 \text{ Ом}$$

Рассчитаем сопротивление вертикального электрода  $R_B$ , Ом. по формуле:

$$R_B = \frac{r_B}{N_{\text{в.р.}} \cdot \eta_B} \quad (9.9)$$

где  $r_B$  – сопротивление одного вертикального электрода, Ом.;

$N_{\text{в.р.}}$  – количество вертикальных электродов;

$\eta_B$  – коэффициент использования вертикального электрода.

$$R_B = \frac{51}{22 \cdot 0,64} = 3,6 \text{ Ом.}$$

Рассчитаем фактическое сопротивление заземляющего устройства  $R_{\text{з.у.ф.}}$ , Ом, по формуле:

$$R_{\text{з.у.ф.}} = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B + R_{\Gamma}} \quad (9.10)$$

где  $R_B$  – сопротивление вертикального электрода, Ом;

$R_{\Gamma}$  – сопротивление горизонтального электрода, Ом.

$$R_{\text{з.у.ф.}} = \frac{27 \cdot 3,6}{27 + 3,6} = 3,2 \text{ Ом.}$$

Если заземляющее устройство эффективно, то должно выполняться неравенство:

$$R_{\text{з.у.ф.}} < R_{\text{з.у.}} \quad (9.11)$$

где  $R_{\text{з.у.ф.}}$  – фактическое сопротивление заземляющего устройства, Ом;

$R_{з.у.}$  – сопротивление заземляющего устройства, Ом.

3,2 Ом. < 4,0 Ом – условие выполняется.

Следовательно заземляющее устройство эффективно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные города – это динамично развивающиеся и быстро растущие территориальные образования, которые требуют внедрения современных технологий в благоустройстве и жизнеобеспечении и осветительные установки не являются исключением в данном вопросе.

В данной работе проводилась разработка системы электроснабжения системы городского наружного освещения г. Геленджик. Произведен расчет осветительного и электротехнического оборудования для системы наружного освещения улицы. В проектируемой системе освещения с применением современных кабелей, электронных пускорегулирующих устройств и арматуры позволило существенно снизить потребление электроэнергии, потерю мощности в сети, повысить отказоустойчивость системы и упростить её эксплуатацию в дальнейшем.

В ответе, возможно, высказать следующее, преимущественно совместные утверждения либо рекомендации, касающиеся к выводу проблемы освещения города в целом:

- главная задача наружного освещения - это улучшение видимости в тёмное время суток.
- так же как в прежних, так и в нынешних возводимых населенных пунктах целесообразно иметь общее всеохватывающее композиционное решение освещения всего посёлка, основанное на современных достижениях в светотехнике.
- проектировать план освещения следует на жестко многофункциональной базе, планомерно распределяя уровень освещенности, расположение отдельных установок и других характеристик всех частей освещения населенного пункта.
- в проекте освещения посёлков подход должен быть подобран так чтобы реализация по улучшению и упрощению жизни в населённых пунктах была достигнута.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИСТОЧНИКОВ

- 1 Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ;
- 2 Правила устройства электроустановок. 7-е издание. – СПб: Изд-во ДЕАН, 2015. – 704 с.
- 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 60598-1-2013 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, 2014. - 97 с.;

- 15 Кнорринг, Г.М. Осветительные установки / Г.М. Кнорринг. – Л.: Изд-во Феникс, 2014.-288 с.;
- 16 Барыбин, Ю.Г. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю.Г. Барыбин. - М.: Высшая школа, 2015 - с. 576.;
- 17 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». – 2014. – Вып. 14, №23 (240). – С. 60–65;
- 18 Автоматизированные системы управления энергоэффективным освещением монография/Л.С. Казаринов, Д.А. Шнайдер, Т.А. Барбасова, Е.В. Вставская и др.; под ред. Л.С. Казаринова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ издатель Т. Лурье, 2014. – 208 с., ил.;
- 19 Расчет и проектирование систем освещения объектов и установок: учебное пособие/ А.В. Кабышев, С.Г. Обухов. - Томск: Издательство ТПУ, 2014-248 с.
- 20 Электромеханические системы: учебное пособие/ Г.М. Лебедев, Д.М. Мешков. - Кемеровский технологический институт - Кемерово, 2013-124 с.
- 21 Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений / Т.В. Анчарова, Е.Д. Стебунова, М.А. Рашевская. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. - 416 с.
- 22 Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: Учебник / Т.В. Анчарова, М.А. Рашевская, Е.Д. Стебунова. – Москва: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 416 с.
- 23 Электроснабжение объектов: Учебное пособие для среднего профессионального образования / Е.А. Конюхова. - Москва: ИЦ Академия, 2015. - 320 с.
- 24 Электроснабжение потребителей и режимы: Учебное пособие / Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина. - Москва: МЭИ, 2013. - 412 с.

- 25 Электроснабжение. Курсовое проектирование / Г.В. Коробов. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 192 с.
- 26 Lavric, A. A traffic prediction algorithm for street lighting control efficiency / A. Lavric, V. Popa // Journal of applied computer science & mathematics. - 2013. - no. 15(7). - pp. 13-17.
- 27 Carli, R. A decision-making tool for energy efficiency optimization of street lighting / R. Carli, M. Dotoli, R. Pellegrino// Computers & Operations Research. - no. 96. - 2018. - pp.223-235.
- 28 Collantes-Duarte, J. Time Series Forecasting using ARIMA, Neural Networks and Neo Fuzzy Neurons / J. Collantes-Duarte, F. Rivas-Echeverriat // WSEAS International Conference on Neural Networks and Applications, Switzerland, 2002 [электронный ресурс]. URL: [www.wseas.us/e-library/conferences/switzerland2002/papers/464.pdf](http://www.wseas.us/e-library/conferences/switzerland2002/papers/464.pdf) (дата обращения 28.03.2020).
- 29 Covitti, A. Road Lighting Installation Design to Optimize Energy Use by Genetic Algorithms. / A. Covitti, G. Delvecchio, F. Neri, A. Ripoli// Computer as a Tool, 2005. EUROCON 2005.The International Conference. - pp. 1541-1544
- 30 Denardin, A. An intelligent system for street lighting control and measurement / A. Denardin, W. Gustavo et al. //Industry Applications Society Annual Meeting. - IEEE. - 2014. - pp 213-221.
- 30 Diaconescu, E. The use of NARX neural networks to predict chaotic time series/ E. Diaconescu // WSEAS Transactions on Computer Research. - vol.3. - no.3. - pp. 182-191.
- 31 Elejoste, P. An Easy to Deploy Street Light Control System Based on Wireless Communication and LED Technology / P. Elejoste et al. // Sensors (Basel). - 2013. - vol. 13(5): pp. 6492-6523.