

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

ПЦК «ЭД»

## ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ (РАБОТА)

на тему

«Разработка проекта комплексного освещения микрорайона «Новая травянка», г.Лысьва»

обучающегося группы ЭС9-22-1СПО по специальности

13.02.07 «Электроснабжение (по отраслям)»

**Тяпугин Артем Сергеевич**

Фамилия имя отчество студента

Руководитель работы: \_\_\_\_\_ \ Листопадова М.В. \

Консультант по  
организационно -экономической части: \_\_\_\_\_ \ Стругова Л.А. \

Консультант по  
охране труда \_\_\_\_\_ \Торощин А.К. \

Рецензент: \_\_\_\_\_ \ \_\_\_\_\_ \

Допуск к защите: \_\_\_\_\_ \Торощин А.К. \

Лысьва, 2026 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                                        | 4  |
| 1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ .....                                                                       | 6  |
| 1.1 История.....                                                                                      | 6  |
| 1.2 Характеристика микрорайона как объекта проектирования .....                                       | 6  |
| 1.3 Значимость спортивной площадки.....                                                               | 8  |
| 1.4 Социально-духовное значение храма .....                                                           | 12 |
| 1.5 Наружное освещение (светотехническая часть) .....                                                 | 16 |
| 1.6 Электроснабжение наружного освещения .....                                                        | 16 |
| 1.7 Устройство наружного освещения.....                                                               | 17 |
| 2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ .....                                                                         | 20 |
| 2.1 Управление наружным освещением .....                                                              | 20 |
| 2.2 Нормативная документация .....                                                                    | 20 |
| 2.3 Климатические условия.....                                                                        | 21 |
| 2.4 Выбор нормируемых показателей освещённости .....                                                  | 21 |
| 2.4 Расчёт длины проводов и кабелей.....                                                              | 32 |
| 2.5 Расчет однофазного тока короткого замыкания .....                                                 | 35 |
| 2.6 Расчет заземляющего устройства .....                                                              | 36 |
| 3 ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ.....                                                           | 40 |
| 3.1 Анализ условий труда при монтаже и эксплуатации системы освещения ...                             | 40 |
| 3.2 Организация безопасного производства работ .....                                                  | 41 |
| 3.3 Оценка воздействия на окружающую среду при строительстве и<br>эксплуатации системы освещения..... | 43 |
| 3.4 Экологические решения при реализации проекта.....                                                 | 46 |
| 4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....                                                             | 51 |
| 4.1 Исходные параметры микрорайона Новая Травянка .....                                               | 51 |
| 4.2 Расчёт потребления электроэнергии (экономический эффект) .....                                    | 51 |
| 4.3 Расчёт затрат на эксплуатацию.....                                                                | 52 |
| 4.4 Финансовые показатели и окупаемость.....                                                          | 53 |
| 4.4.1 Капитальные затраты (К) .....                                                                   | 53 |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| 4.4.2 Чистая годовая экономия (Эгод) ..... | 54 |
| 4.4.3 Срок окупаемости (Ток) .....         | 54 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....                           | 57 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....     | 59 |

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В современных условиях стремительного развития городской инфраструктуры проблема организации качественного наружного освещения приобретает особую значимость. микрорайон Новая травянка, как основная структурная единица жилой застройки, является местом ежедневной жизнедеятельности большого количества людей. От уровня освещенности его территорий напрямую зависят безопасность дорожного движения, комфорт пешеходов, преступная обстановка, а также эмоциональное состояние жителей.

Существующая система освещения многих микрорайонов, спроектированная несколько десятилетий назад, не отвечает современным нормативным требованиям, характеризуется высоким износом оборудования, перерасходом электроэнергии и неравномерностью распределения светового потока. Внедрение современных энергоэффективных технологий, таких как светодиодные светильники и автоматизированные системы управления, позволяет не только повысить качество освещения, но и существенно сократить эксплуатационные расходы. Таким образом, разработка проекта освещения микрорайона с учетом актуальных нормативов и современных технических решений является на сегодняшний день высоко востребованной задачей.

Объект исследования— наружное освещение территории г. Лысьва,микрорайона Новая травянка, ул. Ново-Травянская, ул. Лысьвенская, ул. Спортивная, ул. Звёздная, ул. Солнечная, ул. Зелёная, ул. Рябиновая, ул. Строгановых, ул. Сиреневая.

Предмет исследования – методы и технические средства организации равномерного и экономичного освещения микрорайона, включая проезжую часть, тротуары, территории и зоны отдыха.

Цель дипломной работы— разработать проект модернизации наружного освещения микрорайона Новая травянка, обеспечивающий соответствие освещенности нормативным требованиям и минимизацию энергозатрат.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить современные нормативно-правовые требования к наружному освещению жилых зон.
2. Выполнить светотехнические расчеты для основных функциональных зон.
3. Выбрать оптимальные типы осветительных приборов с учетом критериев надежности, энергоэффективности и экологической безопасности.
4. Разработать принципиальную схему электроснабжения и управления освещением.
5. Рассчитать технико-экономические показатели проекта.

# **1 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ**

## **1.1 История**

Микрорайон Новая Травянка в Лысьве — это относительно молодой и активно развивающийся жилой массив, расположенный в южной части города. Его история тесно связана с расширением Лысьвы за пределы исторического центра и старых рабочих поселков.

### **Основные этапы истории**

**Истоки названия:** Название микрорайона происходит от реки Травянка, на берегах которой еще в XVIII веке начали появляться первые поселения. Изначально здесь существовала деревня Травяны, возникшая в ходе строительства Лысьвенского завода.

**Формирование микрорайона:** В отличие от «старой» Травянки, которая в основном состояла из частного сектора, «Новая» Травянка начала приобретать современный вид во второй половине XX века.

**Застройка:** В отличие от левобережной части города, где преобладает историческая деревянная застройка, Новая Травянка представляет собой пример более поздней планировки.

### **Современное состояние**

Сегодня микрорайон является важной частью социальной инфраструктуры Лысьвы

**Благоустройство:** В последние годы здесь активно создаются зоны отдыха. Например, по инициативе молодежи в 2024 году была открыта новая детская игровая площадка, а в 2025 году установка спортивных тренажеров.

**География:** Район расположен вблизи Травянского пруда, который является популярным местом отдыха горожан.

## **1.2 Характеристика микрорайона как объекта проектирования**

Объектом проектирования является сеть наружного уличного освещения на территории микрорайона в г. Лысьва, включающая следующие улицы: Ново-

Травянская, Лысьвенская, Спортивная, Звёздная, Солнечная, Зелёная, Рябиновая, Строгановых, Сиреневая.

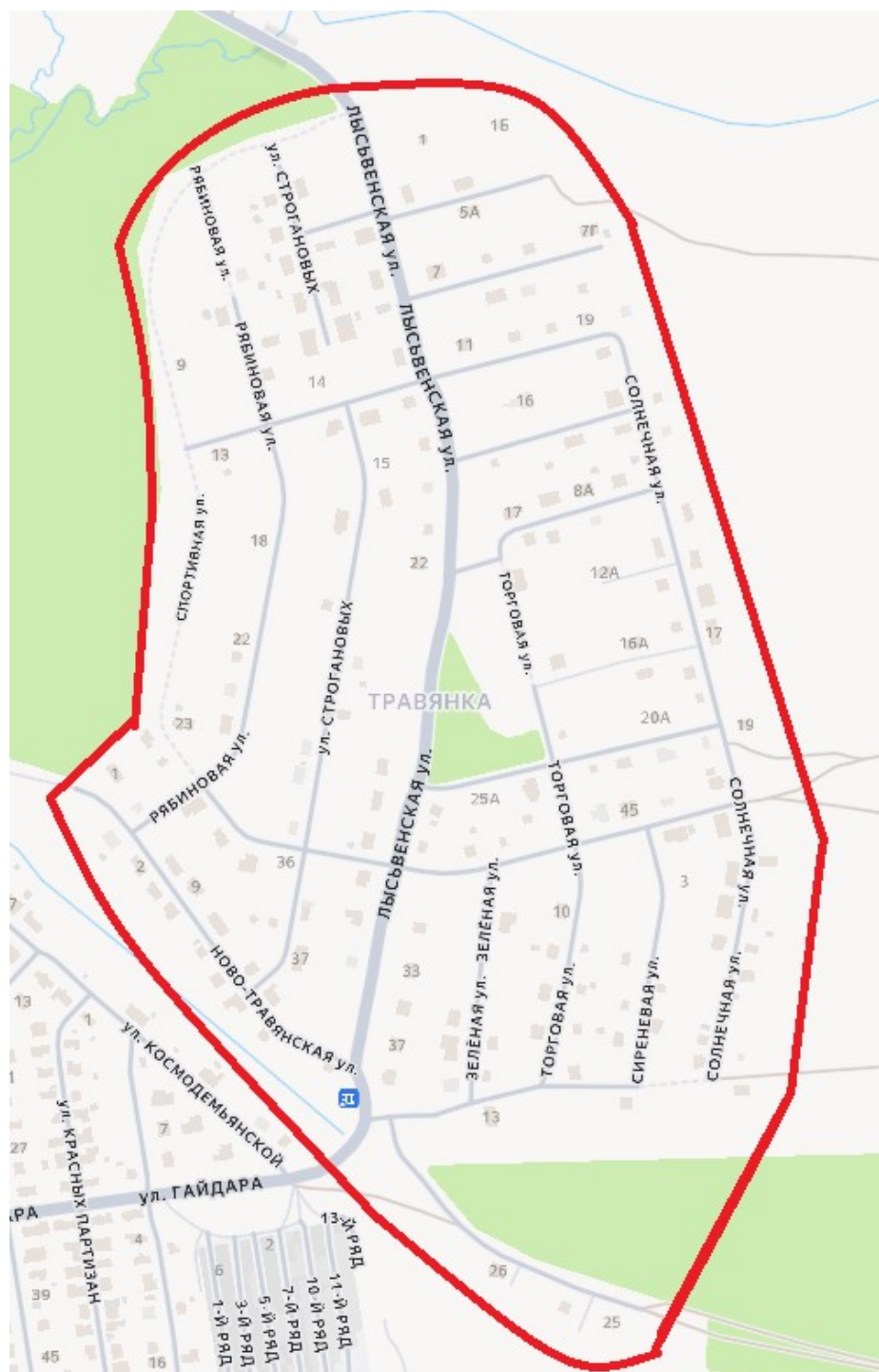


Рисунок 1.2.1 — Границы микрорайона Новая Травянка

### **1.3 Значимость спортивной площадки**

#### **1.3.1 Социально-градостроительный контекст микрорайона Новая Травянка**

Микрорайон Новая Травянка представляет собой специфическую urban-структуру, характерную для малых городов Пермского края. В отличие от многоэтажных спальных районов, эта территория застроена преимущественно частными жилыми домами. Согласно генеральному плану Лысьвенского городского округа, данная локация требует особого подхода к обеспечению социальной и рекреационной инфраструктурой, так как плотность застройки здесь ниже, чем в центре, что часто приводит к дефициту общественных пространств.

Ситуация начала меняться с включением территории в программы благоустройства. Весной 2025 года был объявлен электронный аукцион на «Дообустройство спортивно-игровой площадки "Травянка"» с начальной (максимальной) ценой контракта 3 312 733,57 рубля. Наличие проектно-сметной документации и выделение бюджетных ассигнований именно на этот объект подтверждает официальный статус площадки как приоритетного социального объекта для администрации города. В градостроительном контексте данный объект призван ликвидировать «белое пятно» в социальной карте микрорайона, создав альтернативу стихийным играм на проезжих частях или пустырях.



Рисунок 1.3.1 — Игровая площадка

### **1.3.2 Роль спортивной инфраструктуры в социальном развитии частного сектора**

Анализ российских практик (Новомосковск, Кохма, Кыштым) показывает, что наличие современной спортплощадки в частном секторе трансформирует не только физическое пространство, но и социальную ткань сообщества. Для Новой Травянки выделяются следующие ключевые функции:

1. Катализатор соседских сообществ. В условиях индивидуальной жилой застройки люди часто изолированы в границах своих участков. Спортивная площадка выступает как общественное «пространство-крюк». Как отмечает опыт ТОС «Дружба», универсальный язык спорта стирает барьеры между поколениями и превращает соседей в сообщество. Для Новой Травянки это шанс сформировать активную территориальную общину, способную влиять на дальнейшее развитие микрорайона через инициативное бюджетирование.

2. Борьба с дефицитом досуга. Для подростков в удаленных микрорайонах, где транспортная доступность до центральных стадионов (например, стадион «Юность» или СК «Олимп») затруднена, площадка во дворе становится критически важным якорем. Исследования Высшей школы экономики подчеркивают, что плоскостные сооружения для спорта являются

базовым элементом рекреационной инфраструктуры, нормируемым на количество жителей.

3. Пустырь, пригодный для сбора стихийных компаний, трансформируется в зону контроля со стороны жителей близлежащих домов.

### 1.3.3 Комплексный анализ воздействия

Разработка проекта «Травянка» должна оцениваться не только как строительная смета, но и как инвестиция в человеческий капитал. Значимость площадки раскрывается через конкретные результаты для разных групп пользователей.

Таблица 1.3.1 — Ожидаемые эффекты от реализации проекта спортивной площадки

| Группа пользователей    | Ключевая потребность            | Планируемый результат/Эффект                                                                            |
|-------------------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дети (7-12 лет)         | Безопасная игровая среда        | Снижение травматизма (благодаря резиновому покрытию), формирование навыков командной игры               |
| Подростки (13-18 лет)   | Самореализация, выплеск энергии | Снижение уличной преступности, возможность сдачи нормативов ГТО «шаговой доступности»                   |
| Взрослые жители         | Общение, поддержание тонуса     | Создание сообщества по интересам (спорт для родителей), повышение капитализации их недвижимости         |
| Администрация г. Лысьва | Выполнение Указа Президента     | Обеспечение 57% граждан возможностями для занятий спортом, использование площадки для дворовых турниров |

Экономическая составляющая также выражается в мультипликативном эффекте. Строительство на сумму около 3,3 млн рублей (типовой проект «под ключ») создает базу для малого бизнеса на территории — например, прокат инвентаря или проведение платных тренировок местными энтузиастами, что частично решает проблему занятости.

#### **1.3.4 Архитектурно-планировочное решение и безопасность**

Выбранная для «Травянки» конфигурация (комплекс для игровых и тренировочных занятий) должна отвечать современным стандартам безопасности. Опыт реализации аналогичных проектов в частном секторе (КП «Агалатово», Кохма) говорит о необходимости установки:

- Резинового бесшовного покрытия: для амортизации ударов и предотвращения травм;
- Ограждения (3-D сетка): предотвращение вылета мячей на проезжую часть частного сектора и защита от животных;
- Освещения: продление времени безопасного использования в осенне-зимний период (актуально для Пермского края с коротким световым днем).

В отличие от муниципальных стадионов, закрытая турникетами площадка в Новой Травянке (тендер подразумевает дообустройство) должна сохранять принцип «открытого доступа», что особенно важно для жителей частных домов, не желающих тратить время на проезд к удаленным объектам.

#### **1.3.5 Критическая необходимость стационарного освещения**

Освещение спортивной площадки является не опциональным «улучшением», а жизненно важным компонентом, обеспечивающим реализацию заявленных социальных функций. Для микрорайона Новая Травянка, расположенного в частном секторе, отсутствие света нивелирует эффект от строительства по трем направлениям:

1. Безопасность пользователей. В осенне-зимний период (с октября по март) в Пермском крае световой день составляет менее 8 часов. Без освещения

площадка становится непригодной для использования после 17:00, когда основная масса школьников возвращается из секций, а взрослые — с работы. Темнота провоцирует травмы (невозможно оценить рельеф покрытия, положение ворот, соперников).

2. Криминогенная обстановка. Неосвещенные общественные пространства в частном секторе традиционно привлекают асоциальные элементы (распитие алкоголя, вандализм). По данным МВД, установка освещения снижает количество правонарушений на дворовых территориях на 35–40%. Свет делает площадку зоной визуального контроля для жителей близлежащих домов.

3. Инклюзивность и равный доступ. Отсутствие света дискриминирует работающих граждан, пожилых людей и подростков, чей график активности смещается на вечерние часы. Обеспечение освещения превращает формально существующий объект в реально работающий с 07:00 до 22:00.

Необходимые параметры освещения для площадки «Травянка»:

- Средняя горизонтальная освещенность на игровом поле: не менее 100 люкс (для тренировок) и 200 люкс (для турниров).
- Тип светильников: светодиодные прожекторы с защитой от вандалов и функцией автоматического включения по фотореле.
- Опоры: металлические мачты высотой 7–10 метров, размещенные по углам площадки (минимум 4 шт.) за пределами игровой зоны.

Управление: программируемый таймер или датчик освещенности с возможностью ручного отключения.

#### **1.4 Социально-духовное значение храма**

Микрорайон Новая Травянка, представляющий собой зону частной застройки, наряду с дефицитом спортивной и рекреационной инфраструктуры испытывает острую потребность в духовном центре. Удаленность от центральных храмов Лысьвы и транспортные проблемы делают регулярное посещение церкви затруднительным для многих жителей, особенно пожилых и

семей с детьми. Строительство храма в границах микрорайона способно восполнить этот пробел и стать катализатором развития всей территории.



Рисунок 1.3.1 — Церковь

#### **1.4.1 Основные функции храма в жизни микрорайона**

Храм в частном секторе выполняет комплекс социально значимых функций, выходящих за рамки богослужебной деятельности:

Объединение сообщества. Храм становится местом встречи и общения жителей, формируя вокруг себя активную приходскую общину. Как показывает опыт российских регионов (Краснодар, Добринка), наличие храма в шаговой доступности превращает соседей в единомышленников и создает «большую семью».

Духовно-нравственное воспитание. Воскресная школа, подростковый клуб и беседы со священником дают детям и молодежи альтернативу уличным компаниям, формируют систему нравственных ориентиров и здоровый досуг.

Центр социального служения. При храме могут организовываться пункты помощи пожилым, многодетным и одиноким жителям, что особенно востребовано в условиях удаленного микрорайона.

## 1.4.2 Комплексный анализ воздействия на жителей

Таблица 1.4.1 — Ожидаемые эффекты от строительства храма

| Группа пользователей | Ключевая потребность                     | Планируемый результат                                                            |
|----------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Пожилые жители       | Близость храма для регулярного посещения | Преодоление транспортных проблем; преодоление одиночества через общение в общине |
| Семьи с детьми       | Духовное воспитание, досуг               | Воскресная школа; семейные праздники; нравственные ориентиры                     |
| Подростки            | Смысл, занятость, наставник              | Альтернатива уличным компаниям; волонтерство; наставничество священника          |
| Все жители           | Общественное пространство, идентичность  | Повышение капитализации недвижимости; культурные мероприятия; локальная гордость |
| Администрация города | Социальная стабильность                  | Снижение напряженности; удовлетворение духовных запросов граждан                 |

### 1.4.3 Критическая необходимость освещения прихрамовой территории

Как и в случае со спортивной площадкой, освещение территории храма является не опциональным улучшением, а обязательным условием его доступности, безопасности и реального функционирования как общественного центра.

### 1.4.4 Безопасность прихожан

В осенне-зимний период в Пермском крае световой день составляет менее 8 часов. Большинство богослужений (утренние и вечерние службы) проходят в темноте. Неосвещенная территория создает высокие риски:

- Травматизм — падения пожилых прихожан на ступенях, дорожках и парковке;
- Криминогенность — темные зоны привлекают асоциальные элементы;
- Психологический барьер — страх посещения храма в темное время, особенно для женщин и пожилых.

#### Доступность для всех категорий

- Работающие прихожане могут посещать храм только вечером; освещение делает это безопасным.
- Маломобильные группы (пожилые, инвалиды) нуждаются в хорошей видимости путей движения, пандусов и входных зон.
- Семьи с детьми также посещают храм в вечерние часы; безопасная территория критически важна.

### **1.4.5 Формирование общественного пространства**

Освещенная прихрамовая территория позволяет использовать ее для:

- Крестных ходов и праздничных мероприятий;
- Благотворительных ярмарок и концертов;
- Общения прихожан после богослужений;
- Безопасного подхода к храму в любое время суток.

#### Архитектурно-эстетическая роль храма

Храм должен стать визуальной доминантой микрорайона. Архитектурная подсветка куполов и фасада в темное время суток позволяет ему выполнять функцию:

- Визуального ориентира для жителей (особенно в условиях нерегулярной частной застройки);
- Эстетического центра, повышающего привлекательность всей территории;
- Символа присутствия, формирующего локальную идентичность.

Территория вокруг храма также нуждается в благоустройстве: ограждение, озеленение, скамьи для общения, пандусы для маломобильных групп.

Как итог: ключевым условием достижения этих эффектов является обязательное оснащение прихрамовой территории стационарным освещением и комплексное благоустройство. Без света храм останется недоступным для большинства прихожан в темное время суток, а его территория — потенциально криминогенной зоной. С освещением он превратится в круглогодичный, безопасный и притягательный центр духовной и общественной жизни для всех категорий жителей Новой Травянки.

### **1.5 Наружное освещение (светотехническая часть)**

В соответствии с ГОСТ Р 58107.1-2018 класс объекта по освещению — категория «Б2».

Средняя освещенность на дорожном покрытии составляет 15 лк.

На пешеходных переходах норма средней освещенности должна быть в 1,5 раза выше, чем на пересекаемой проезжей части ( $15 \times 1,5 = 22,5$  лк).

Согласно ГОСТ 33176-2014 для неосвещаемых дорог средняя освещенность на покрытии наземных пешеходных переходов должна быть не менее 10,0 лк.

Согласно ГОСТ Р 52766-2007 посадочные площадки остановок общественного транспорта на дорогах всех категорий должны иметь среднюю горизонтальную освещенность не менее 10 лк.

Все расчетные параметры освещенности дорожного покрытия автомобильной дороги соответствуют требованиям ГОСТ Р 58107.1-2018 и ГОСТ 52766-2007.

Коэффициент запаса при расчете освещенности принят 1,5.

Освещение посадочных площадок остановок общественного транспорта, пешеходного перехода, участка автомобильной дороги на подъезде к пешеходному переходу выполняется светодиодными светильниками.

### **1.6 Электроснабжение наружного освещения**

Электроснабжение шкафа наружного освещения (далее – ШНО) предусматривается выполнить от существующей РУ-0,4кВ ТП-163.

Категория надежности электроснабжения – III (третья).

Система заземления – TN-C-S.

Расчетная мощность – 7,87 кВт.

Напряжение сети – 380/220В.

ПРИЛОЖЕНИЕ А Принципиальная схема

### **1.7 Устройство наружного освещения**

Напряжение питающей сети 380/220В.

Категория надежности электроснабжения электроустановки наружного электроснабжения – III.

Для питания, управления и учета электроэнергии электроустановки наружного электроснабжения предусматривается установка ШНО из оцинкованной стали. Электроснабжение ШНО предусматривается выполнять кабелем марки АВБ5Ш6, сечением 4х50мм, от автоматического выключателя 0,4кВ, существующего в РУ-0,4кВ ТП-163.

В проектируемый шкаф ШНО предусматривается установить оборудование АСУ НО «Рассвет».

Проектируемый шкаф ШНО устанавливается на металлический фундамент «магнитного» типа. Металлический фундамент поставляется комплектно со шкафом.

Сечения группового кабеля 0,4кВ выбрано на основании электрических расчетов по допустимому току, потере напряжения, и токов короткого замыкания.

Пересечение и параллельная прокладка кабельной линии 0,4 кВ с инженерными коммуникациями выполнить в соответствии с ПУЭ 7 изд. гл. 2.3. Места установки опор освещения определены из светотехнического расчета в приложении №1 и ПУЭ гл.6.3.

Проектом принята однорядная расстановка опор со светильниками для соблюдения нормированной яркости и равномерности освещения. Средний шаг

расстановки светильников 35 м. Опоры освещения устанавливаются на расстоянии не менее 4,0 м от кромки проезжей части до боковой поверхности. При наличии тротуара и бортового камня, опоры устанавливаются за тротуаром на расстоянии не менее 1,0 м от боковой поверхности опоры до внешней части бортового камня (ПУЭ гл.6.3).

Устройство сети наружного освещения предусматривается на фланцевые граничные оцинкованные опоры типа СФГ-400-10.0-0.1-ц и СФГ-1000-10.0-0.1-ц с воздушной подводкой питания, высотой 10,0 м. Конструктивно опора состоит из следующих элементов: закладной детали фундамента, выносной элемент, стойки (собственно опоры), декоративного цоколя и кронштейна для установки светильника.

Для установки металлических опор освещения проектом предусматривается в заранее продуманные колонны установить оцинкованные закладные детали фундамента марки ЗФ-24/8Д310-2,5-ц и ЗФ-30/12Д440-3,0-ц. Закладная деталь устанавливается на подушку из пенобетона. Подъемная часть закладной детали бетонируется и засыпается выступом грунтом. Для бетонирования закладной детали фундамента используется бетон класса В22,5 с водонепроницаемостью W6 и морозостойкостью F200. Соединение закладной детали фундамента и опоры выполняется с помощью фланцевого соединения. Проектируемые светильники устанавливаются на металлические кронштейны типа 1.К1-2,0-2,5-Ф4-ц (для опор СФГ-400-10-0,1-ц) и 1.К1-2,0-2,5-Ф6-ц (для опор СФГ-1000-10-0,1-ц). Угол наклона кронштейна – 15.

Светильники должны быть подключены к групповой трехфазной сети четырех проводной линии 380/220В с чередованием фаз по схеме А-В-С-А-В-С.

Монтаж групповой сети выполнять согласно схемам и планам.

При монтаже опор освещения необходимо также руководствоваться требованиями СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства».

При устройстве кабельной линии наружного освещения интерес существующих инженерных коммуникаций не затрагиваются.

Электроснабжение основного освещения.

Для крепления провода СИП-4, сечением 4х50мм на анкерных (усиленных) и промежуточных металлических опорах соответственно предусмотрены бандажные крюки SOT29.10 с натяжным замком S080.225 и поддерживающими замками S0130. Крюки крепятся с помощью нержавеющей стальной ленты COT37 и скреп COT36.

Подключение светильников предусматривается выполнить кабелем марки ВВГ, сечением 3х2,5мм<sup>2</sup>.

## **2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ**

В данном разделе выполняются основные электротехнические расчеты для проектируемой системы наружного освещения микрорайона Новая Травянка.

Выполняются такие расчеты как:

1. Выбор нормируемых показателей освещенности согласно действующим нормативным документам.
2. Светотехнический расчет (обоснование выбора светильников, высоты опор и шага между ними).
3. Расчет сечений проводников магистральной линии (СИП) по допустимому току нагрева.
4. Расчет потерь напряжения в наиболее удаленной точке сети.
5. Расчет токов однофазного короткого замыкания (проверка срабатывания защитных аппаратов).
6. Расчет заземляющего устройства для системы TN-C-S.

### **2.1 Управление наружным освещением**

Управление сетями наружного освещения, централизованное, автоматическое, осуществляется в нормальном режиме от АСУ НО «Рассвет», путем передачи команд телеуправления из диспетчерского пункта эксплуатирующей организации с использованием канала GSM/GPRS.

В случае выхода из строя системы АСУ НО «Рассвет», предусмотрена возможность переключения системы на работу через фотореле, переводом переключателя S1 в шкафу ШНО в соответствующее положение – «Управление от АСУ НО» или «Управление от фотореле».

### **2.2 Нормативная документация**

Проект выполнен в соответствии с действующими нормами и правилами:  
Правила Устройства Электроустановок;

- СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия»;
- СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства»;
- ГОСТ Р 52766-2007 «Элементы обустройства. Общие требования»;

- ГОСТ 54305-2011 «Дороги автомобильные общего пользования. Горизонтальная освещенность от искусственного освещения»;
- ГОСТ 32944-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Пешеходные переходы»;
- ГОСТ Р 58107.1-2018 «Освещение автомобильных дорог общего пользования. Нормы и методы расчета»;
- ГОСТ Р 54149-2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»;
- Постановление Правительства РФ №87 от 16.02.08 «О составе разделов проектной документации и требования к их содержанию».

### **2.3 Климатические условия**

Климатические условия согласно «Региональным картам нормативных условий погодных и ветровых нагрузок на территории» представлены в таблице 1.1.1 (согласно СП 20.13330.2011, ПУЭ, 7-е издание).

Таблица 2.3.1 – Климатические условия

| Характеристика                       | Номер района   |
|--------------------------------------|----------------|
| давление ветра                       | (0,38 кПа)     |
| толщина стенки гололёда              | (10 мм)        |
| вес снегового покрова                | (1,5 кПа)      |
| толщина стенки гололёда              | (25 мм)        |
| ветровое давление                    | (650 Па)       |
| среднегодовая продолжительность гроз | более 40 часов |

### **2.4 Выбор нормируемых показателей освещённости**

#### **2.4.1 Выбор светильников**

Критерии выбора:

1. Соответствие нормируемой освещенности. Согласно СП 52.13330.2016, для проезжей части категории Б2 нормируется средняя горизонтальная освещенность 15 лк. Световой поток выбранного светильника (8800 лм) при

высоте подвеса 10 м и шаге опор 35 м обеспечивает фактическую освещенность 16,2 лк, что превышает нормативную на 8%.

2. Энергоэффективность. Светодиодные светильники имеют световую отдачу 110–130 лм/Вт, что в 5–7 раз выше, чем у ламп ДРЛ (старый тип) и в 2–3 раза выше, чем у ДНаТ. При мощности 80 Вт один светильник заменяет 250-ваттную лампу ДРЛ, обеспечивая экономию электроэнергии более 65%.

3. Срок службы. Заявленный производителем срок службы светодиодных светильников — не менее 50 000 часов ( $\approx 12$  лет при ночной работе). Лампы ДРЛ и ДНаТ служат 8 000–12 000 часов, что требует замены каждые 3–4 года. Длительный срок службы снижает эксплуатационные затраты на обслуживание.

4. Климатическая адаптация. Микрорайон расположен в климатической зоне II (Пермский край) с температурным диапазоном от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$ . Выбранный светильник имеет рабочий диапазон от  $-50^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , что гарантирует стабильную работу при любых погодных условиях региона.

5. Степень защиты IP65. Обеспечивает полную защиту от пыли и защиту от водяных струй любого направления. Это критически важно для наружного освещения, работающего в условиях дождя, снега, гололеда и перепадов температур.

6. Цветовая температура 5000 К (нейтрально-белый свет). Данный спектр обеспечивает наиболее комфортное восприятие для водителей и пешеходов, не искажает цветопередачу (индекс цветопередачи  $R_a > 70$ ) и соответствует рекомендациям ГОСТ Р 58107.1-2018 для освещения дорог в жилых зонах.

Таблица 2.4.1 —Сравнение с альтернативными типами светильников

| Параметр                  | ДКУ-80W (LED) | ДРЛ-250 (ртутная) | ДНаТ-150<br>(натриевая) |
|---------------------------|---------------|-------------------|-------------------------|
| Мощность, Вт              | 80            | 250               | 150                     |
| Световой поток, лм        | 8800          | 11000             | 14000                   |
| Световая отдача,<br>лм/Вт | 110           | 44                | 93                      |
| Срок службы, час          | 50000         | 12000             | 15000                   |
| Цветовая температура, К   | 5000          | 4000              | 2000 (желтый)           |
| Индекс цветопередачи Ra   | >70           | 40–50             | 20–25                   |
| Время выхода на режим     | мгновенно     | 5–10 мин          | 5–10 мин                |
| Пусковые токи             | нет           | высокие           | высокие                 |
| Содержание ртути          | нет           | есть              | нет                     |

Для наружного освещения микрорайона Новая Травянка принят светодиодный светильник ДКУ-80W IP65 8800Лм 5000К.



Рисунок 2.4.1 —Светильник светодиодный консольный ДКУ-80W IP65 8800Лм 5000К Jazzway 5005808

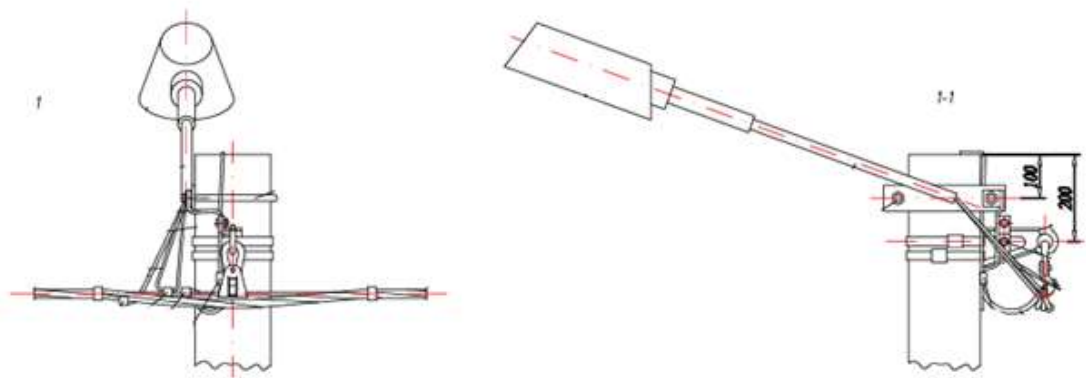


Рисунок 2.4.2 – крепление светильника на столбе

Вывод: светодиодный светильник ДКУ-80W превосходит альтернативы по энергоэффективности, сроку службы, качеству света и экологической безопасности.

### 2.4.2 Выбор опор освещения

Приняты металлические фланцевые опоры СФГ-400-10.0-0.1-ц и СФГ-1000-10.0-0.1-ц высотой 10,0 м.



Рисунок 2.4.3 —Металлическая силовая опора освещения СФГ-1000-10,0-01-ц

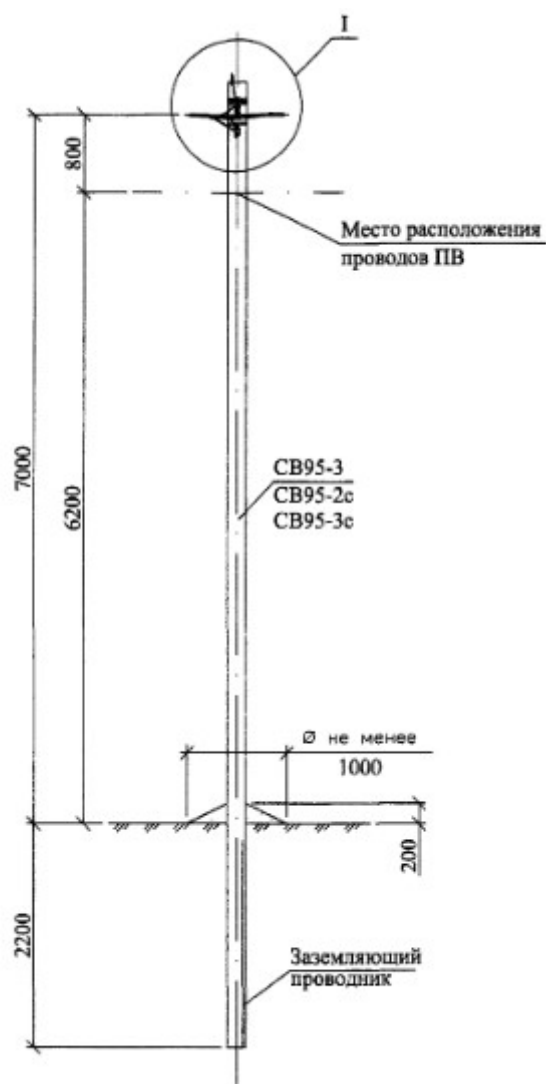


Рисунок 2.4.4 —Схема установки стойки

Обоснование выбора:

1. Высота опоры 10 м. Оптимальное значение для освещения проезжей части шириной до 12 м при шаге опор 35 м. Обеспечивает равномерность освещения и отсутствие слепящего эффекта для водителей.

2. Фланцевое соединение с фундаментом. Обеспечивает надежное крепление, устойчивость к ветровым нагрузкам (до 650 Па согласно климатическим условиям района) и возможность быстрой замены опоры при повреждении.

3. Оцинкованное покрытие. Защищает металл от коррозии в условиях повышенной влажности и перепадов температур. Срок службы оцинкованной опоры — не менее 30 лет.

4. Декоративный цоколь. Предусмотрен для улучшения эстетического восприятия, что важно для благоустройства жилой зоны.

### **2.4.3 Выбор проводов и кабелей**

#### **2.4.3.1 Магистральный провод СИП-4 4×35 мм<sup>2</sup>**

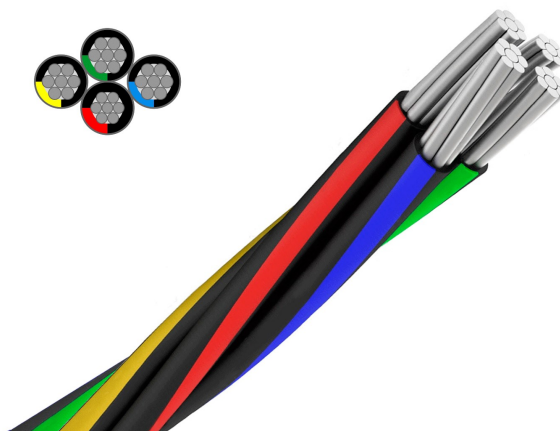


Рисунок 2.4.5 —Провод СИП-4 4х35 (м)2

Обоснование: Самонесущий изолированный провод (СИП) для воздушных линий напряжением 0,4 кВ.

Преимущества:

- Изолированные жилы исключают короткое замыкание между проводами при схлестывании (ветер, гололед);
- Снижение потерь электроэнергии благодаря уменьшению реактивного сопротивления;
- Допустимый длительный ток 105 А при расчетном токе 17,6 А (запас более чем 5-кратный);
- Срок службы не менее 40 лет.

Сечение 35 мм<sup>2</sup> выбрано из условия механической прочности (минимальное сечение для СИП по ПУЭ — 16 мм<sup>2</sup>) и перспективы возможного увеличения нагрузки при развитии сети.

#### 2.4.3.2 Вводной провод СИП-2 4×70 мм<sup>2</sup>



Рисунок 2.4.6 —Силовой провод СИП-2 4х70 Энергокомплект 40004832  
черный

Принят для участка от ТП-163 до ШНО. Увеличенное сечение (70 мм<sup>2</sup>) обеспечивает:

- Снижение потерь напряжения на головном участке;
- Запас по току (160 А) для подключения дополнительных фидеров в будущем;
- Механическую прочность при креплении на анкерных опорах.

#### 2.4.3.3 Кабель для спусков ВВГ 3×2,5 мм<sup>2</sup>

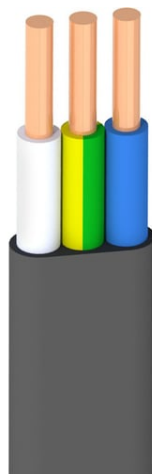


Рисунок 2.4.7 —Кабель ВВГ-Пнг(А)-LS 3х2,5 мм<sup>2</sup>, черный ГОСТ 31996-2012

Обоснование: медный кабель с изоляцией из ПВХ, бронированный.

Сечение 2,5 мм<sup>2</sup> выбрано из следующих условий:

- Допустимый длительный ток для меди 2,5 мм<sup>2</sup> — 25 А (при расчетном токе одного светильника 0,35 А запас многократный);
- Минимальное сечение для подключения светильников по ПУЭ — 1,5 мм<sup>2</sup>, но использование 2,5 мм<sup>2</sup> оправдано механической прочностью (устойчивость к вибрации от ветра на опоре);
- Медные жилы обеспечивают меньшие потери напряжения на малых длинах (до 12 м).

#### 2.4.3.4 Провод заземления ПУГВ 1×16 мм<sup>2</sup>

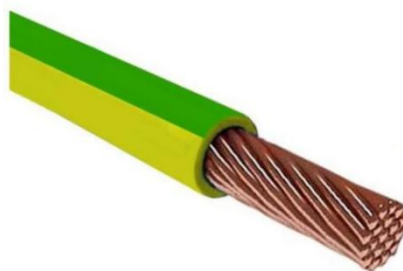


Рисунок 2.4.8 —Кабель силовой ПуГВ 1×16 мм<sup>2</sup> желто-зеленый

Обоснование: провод гибкий, медный, с ПВХ изоляцией.

Сечение  $16 \text{ мм}^2$  выбрано согласно ПУЭ, п. 1.7.117 — для повторного заземления опор в системе TN-C-S минимальное сечение медного заземляющего проводника должно быть не менее  $16 \text{ мм}^2$  (при отсутствии механической защиты) или  $10 \text{ мм}^2$  (при наличии защиты). Так как провод прокладывается по опоре открыто, принято сечение  $16 \text{ мм}^2$  для обеспечения механической прочности и коррозионной стойкости.

#### 2.4.3.5 Питающий кабель АВБШв $4 \times 50 \text{ мм}^2$

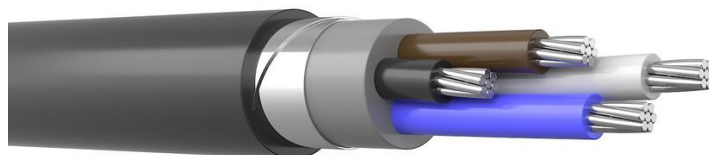


Рисунок 2.4.9 —кабель АВБШв  $4 \times 50 \text{ мм}^2$

Обоснование: кабель с алюминиевыми жилами, бронированный стальными лентами (Б), с изоляцией из ПВХ, в шланге из ПВХ (Шв).

Применяется для прокладки в земле от ТП-163 до ШНО:

- Броня защищает кабель от механических повреждений при земляных работах;
- Сечение  $50 \text{ мм}^2$  выбрано из условия допустимого тока ( $\approx 130 \text{ А}$ ) при расчетной мощности  $11 \text{ кВт}$  ( $\approx 20 \text{ А}$ ) с большим запасом на развитие сети;
- Алюминий принят для удешевления кабеля (в земле коррозия не страшна, в отличие от воздушной линии).

#### 2.4.4 Выбор аппаратов защиты

Автоматические выключатели ВА47-63 с характеристикой «В»



Рисунок 2.4.10 —TDM Electric BA47-63 3P B32 4.5кА

Номинальный ток на фидер (16 А) выбран из условия защиты кабеля СИП-4 4×35 мм<sup>2</sup> (допустимый ток 105 А) и обеспечения чувствительности к токам короткого замыкания (ток КЗ  $\approx 77$  А при длине фидера 1600 м).

Характеристика «В» (ток отключения  $5 \times I_n = 80$  А) выбрана вместо характеристики «С» ( $10 \times I_n = 160$  А), так как она обеспечивает более надежное отключение при однофазных коротких замыканиях в протяженных линиях.

Таблица 2.4.5 —Сводная таблица выбранного оборудования

| № | Наименование            | Тип, марка                 | Количество | Обоснование                                                      |
|---|-------------------------|----------------------------|------------|------------------------------------------------------------------|
| 1 | Светильник светодиодный | ДКУ-80W IP65               | 137 шт.    | Энергоэффективность (8800 лм / 80 Вт), срок службы 50000 ч, IP65 |
| 2 | Опора металлическая     | СФГ-400/1000-10.0          | 137 шт.    | Высота 10 м, оцинкованная, фланцевое крепление                   |
| 3 | Кронштейн               | 1.К1-2,0-2,5-Ф4/Ф6         | 137 шт.    | Угол наклона 15°, оцинкованный                                   |
| 4 | Провод магистральный    | СИП-4 4×35 мм <sup>2</sup> | 5300 м     | Самонесущий изолированный, $I_{\text{доп}} = 105$ А              |
| 5 | Провод вводной          | СИП-2 4×70 мм <sup>2</sup> | 400 м      | Увеличенное сечение для головного участка                        |
| 6 | Кабель спусковой        | ВВГ 3×2,5 мм <sup>2</sup>  | 1600 м     | Медь, ПВХ изоляция, $I_{\text{доп}} = 25$ А                      |

**Продолжение Таблицы 2.4.5 —Сводная таблица выбранного оборудования**

|    |                          |                            |        |                                           |
|----|--------------------------|----------------------------|--------|-------------------------------------------|
| 7  | Провод заземления        | ПУГВ 1×16 мм <sup>2</sup>  | 1800 м | Медь, гибкий, сечение по ПУЭ              |
| 8  | Кабель питающий          | АВБШв 4×50 мм <sup>2</sup> | 250 м  | Броня для прокладки в земле               |
| 9  | Автомат защиты           | ВА47-63 (В16)              | 3 шт.  | Характеристика «В», I <sub>н</sub> = 16 А |
| 10 | Шкаф наружного освещения | ШНО (с АСУ НО «Рассвет»)   | 1 шт.  | Управление, учет, защита                  |

## **2.4 Расчёт длины проводов и кабелей**

### **2.4.1 Расчёт длины провода СИП**

При однорядной расстановке опор со средним шагом 35 м на 137 светильников.

Количество пролётов между опорами:

При линейной схеме (все опоры в одну линию):  $137 - 1 = 136$  пролётов

Горизонтальная длина :

$$L_{\text{гориз}} = 136 \text{ пролётов} \times 35 \text{ м} = 4760 \text{ м} \quad (1)$$

Запас на провисание СИП (3%):

$$L_{\text{провис}} = 4760 \times 0,03 = 143 \text{ м} \quad (2)$$

Запас на анкеровку на концах и ввод в ШНО:

Анкерные петли на каждой концевой опоре:  $2 \text{ опоры} \times 2 \text{ м} \times 2 \text{ конца} = 8 \text{ м}$

Ввод в ШНО (высота + запас): 3 м

Подъём на опоры (провод идёт по верху опор, крепится на крюках):

Каждая опора требует запаса для крепления:  $137 \text{ опор} \times 1 \text{ м} = 137 \text{ м}$

Общая длина СИП:

$$L_{СИП} = 4760 + 143 + 8 + 3 + 137 = 5051 \text{ м} \quad (3)$$

С учётом коэффициента запаса (5%):

$$L_{СИПобщ} = 5051 \times 1,05 \approx 5300 \text{ м} \quad (4)$$

Итого магистрального провода СИП (4×35 мм<sup>2</sup>): ~5300 метров

#### **2.4.2 Расчёт длины кабеля ВВГ 3×2,5 мм<sup>2</sup> (подключение светильников)**

Каждый светильник подключается отдельным кабелем от магистрали СИП.

Длина на один светильник:

От места крепления СИП на опоре до светильника (кронштейн с углом 15°):

Высота опоры: 10 м

Светильник на кронштейне на высоте ~9 м

Расстояние от оси опоры до светильника: ~1,5 м

Длина кабеля по опоре: 1 м (запас) + 9 м (спуск/подъём) = 10 м

Запас на разделку и подключение в светильнике: 0,5 м

На один светильник:

$$L_{\text{на светильник}} = 10 + 0,5 = 10,5 \text{ м} \quad (5)$$

На 137 светильников:

$$L_{ВВГ} = 137 \times 10,5 = 1438,5 \text{ м} \quad (6)$$

С учётом запаса 10% (на ошибки, потери при разделке):

$$L_{ВВГобщ} = 1438,5 \times 1,1 \approx 1582 \text{ м} \quad (7)$$

Итого кабеля ВВГ 3×2,5 мм²: ~1600 метров

#### 2.4.3 Расчёт питающего кабеля от ТП-163 до ШНО

В проекте указано: кабель АВБШв 4×50 мм² от РУ-0,4кВ ТП-163 до ШНО.

Для типового микрорайона принимаем данные:

$$L_{\text{АВБШв}} = 200-300 \text{ м} \quad (8)$$

С учётом запаса: ~250-300 метров

#### 2.4.4 Расчёт провода ПУГВ 1×16 мм² (заземление)

По ПУЭ для системы TN-C-S требуется повторное заземление на каждой опоре.

Длина на одну опору:

т заземлителя (в грунте) до опоры: 1,5 м

Подъём по опоре до клеммы заземления: 10,5 м

Всего: 12 м

На 137 опор:

$$L_{\text{ПУГВ}} = 137 \times 12 = 1644 \text{ м} \quad (9)$$

С учётом запаса 10%: ~1800 метров

Таблица 1.2.1 – Ведомость ссылочных документов

| Обозначение | Наименование                                                                                                                            |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «ЭПСТО-РУС» | Линейная арматура для распределительных сетей на напряжение 0,4–35 кВ                                                                   |
| «ЭПСТО-РУС» | Пособие по проектированию воздушных линий электропередачи напряжением 0,38–20 кВ с самонесущими изолированными и защищёнными проводами. |

### 2.4.5 Расчет потерь напряжения

При заданных номинальном напряжении сети, сечения и материала проводника потеря напряжения  $\Delta U$  в сети определяется по формуле:

$$\Delta U\% = \frac{M}{c \cdot F} \quad (10)$$

Где:

$M$  — момент нагрузки, кВт·м;

$M = \frac{P \cdot L}{2}$  — для участка сети освещения с равномерно распределенной нагрузкой, (кВт·м);

$M = P \cdot L$  — для участка сети с нагрузкой, сосредоточенной в конце участка (кВт·м);

$P = P \cdot K$  — расчетная мощность, кВт.

$L$  — длина участка сети освещения, м;

$M$  — момент нагрузки, кВт·м;

$c$  — коэффициент, который, при напряжении сети 380В и материала жил проводника:

$c=44$  для 380В,  $c=7,44$  для 230В (Al);

$c=72$  для 380В,  $c=12,1$  для 230В (Cu);

$F$  — сечение проводника, мм<sup>2</sup>.

Результаты расчетов приводятся на однолинейной схеме.

Падение напряжения для наиболее удаленного участка составляет менее 5%, что соответствует требованиям ГОСТ 32144-2013.

### 2.5 Расчет однофазного тока короткого замыкания

Расчет тока короткого замыкания производится по формуле:

$$I_k = \frac{U_0}{Z_{\Pi} + Z_r} \quad (11)$$

где:

$I_k$  — ток КЗ, А;

$U_0$  — фазное напряжение сети, В;

$Z_{\Pi}$  — полное сопротивление петли фаза-ноль, Ом;

$Z_r$  — полное сопротивление фазной обмотки трансформатора, Ом.

Сопротивление петли фаза-ноль определяется по формуле:

$$Z_{\Pi} = L \cdot \sqrt{(r_{\phi} + r_0)^2 + (x_{\phi} + x_0 + x_s)^2} \quad (12)$$

где:

$L$  — длина провода цепи КЗ, км;

$R_{\phi}$  — активное сопротивление фазного провода, Ом/км;

$r_0$  — активное сопротивление нулевого провода, Ом/км;

$X_{\phi}$  — индуктивное сопротивление фазного провода, Ом/км;

$X_0$  — индуктивное сопротивление нулевого провода, Ом/км;

$X_s$  — сопротивление взаимной индукции петли фаза-ноль силового кабеля, Ом/км.

Результаты расчетов для наиболее удаленных участков сети приводятся на однолинейной схеме.

Согласно ПУЭп.11.7.79 в системе TN-C в сети с номинальным фазным напряжением 220В при расчётных токах однофазного короткого замыкания время автоматического отключения питания 0,4 с.

## **2.6 Расчет заземляющего устройства**

Система заземления проектной электроустановки – TN-C-S.

Предусматривается выполнить повторное заземление ШНО и концевых металлических опор освещения с кабельной подводкой питания.

Металлические опоры, металлические конструкции (кронштейн, корпус светильника) присоединяются к PEN-проводнику. Металлическая закладная

деталь фундамента присоединяется к заземляющему устройству (далее – ЗУ) опоры.

Величина сопротивления единичного заземляющего устройства не должна превышать 30 Ом. В случае превышения фактического значения сопротивления заземляющего устройства указанной величины (30 Ом), следует считать сопротивление растеканию тока путем дополнительной таблицы уголков. Обеспечить непрерывность соединения всех элементов.

Вертикальный заземлитель: уголок стальной оцинкованный 50х50х5 мм, L=2,5м. 1 шт.

Горизонтальный заземлитель: полосовая оцинкованная сталь 50х5 мм, L=1,0 м.

Глубина заложения заземлителя 0,7 м.

Удельное сопротивление грунта  $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .

Климатическая зона – II.

Нормируемое сопротивление заземляющего устройства  $R_s = 30 \text{ Ом}$

Сопротивление вертикального заземлителя:

$$R_v = \frac{0,366\rho}{L} \left( \lg \frac{2L}{d} + 0,5 \lg \frac{4L + d}{4L - d} \right) = 31,72 \text{ Ом} \quad (13)$$

Где:

$L=100 \text{ Ом}$  — удельное сопротивление грунта;

$d=2,5 \text{ м}$  — длина вертикального заземлителя;

$d=0,95 \times b=0,95 \times 0,05=0,0475 \text{ м}$  — диаметр стали;

$b=0,05 \text{ м}$  — ширина полки уголка;

$t=1,95 \text{ м}$  — глубина заложения, равная расстоянию от поверхности земли до середины электрода.

Полное сопротивление вертикальных заземлителей:

$$R_v = \frac{0,366\rho}{L} \left( \lg \frac{2L}{d} + 0,5 \lg \frac{4L + d}{4L - d} \right) = 31,72 \text{ Ом}, \quad (14)$$

где:

$h_n=0,8$  м — коэффициент использования вертикальных заземлителей;

$n=1$  — количество вертикальных заземлителей.

Сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_t = 0,366 \times \frac{\rho}{L} \left( \lg \frac{2L^2}{dt} \right) = 53,29 \text{ Ом}, \quad (15)$$

где:

$L=1,0$  м — длина горизонтального заземлителя;

$d=0,05$  м — диаметр стали.

Приведенное сопротивление горизонтального заземлителя:

$$R_{gz} = \frac{R_t}{h_n} = \frac{53,29}{0,76} = 70,11 \text{ Ом} \quad (16)$$

где:

$h_n=0,76$  м — коэффициент использования горизонтальных заземлителей.

Сопротивление заземляющего контура:

$$R_z = \frac{R_{gz} \times R_{nz}}{R_{gz} + R_{nz}} = \frac{39,65 \times 70,11}{39,65 + 70,11} = 26,04 \text{ Ом} \leq R_s = 30 \text{ Ом} \quad (17)$$

При неудовлетворительных результатах замеров сопротивления растеканию тока внешнего контура заземления забиваются дополнительные заземлители.

Выводы по конструкторской части

1. Светотехнические расчеты подтвердили, что выбранные светодиодные светильники ДКУ-80W при шаге опор 35 м обеспечивают среднюю освещенность 16,2 лк при равномерности 0,72, что соответствует требованиям СП 52.13330.2016 и ГОСТ Р 58107.1-2018.

2. Электрический расчет показал, что сечение СИП-4 4×35 мм<sup>2</sup> обеспечивает допустимый ток 105 А при расчетном 17,6 А. Условие нагрева выполняется с запасом.

3. Потери напряжения при разделении сети на 3 фидера длиной до 1600 м составляют  $\approx 1,2\%$ , что значительно ниже допустимых 5% по ГОСТ 32144-2013.

4. Расчет токов короткого замыкания подтвердил, что при длине фидера 1400–1600 м и автомате 16 А с характеристикой «В» обеспечивается надежное отключение КЗ.

5. Заземляющее устройство с двумя вертикальными электродами на каждой опоре обеспечивает сопротивление растеканию  $\approx 19,4$  Ом, что ниже норматива 30 Ом.

6. Материальные расчеты позволили определить точную потребность в кабельно-проводниковой продукции на весь объем работ.

Общее заключение: запроектированная система наружного освещения микрорайона Новая Травянка полностью соответствует требованиям ПУЭ, ГОСТ и СП, является безопасной, надежной и энергоэффективной.

### 3 ОХРАНА ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

#### 3.1 Анализ условий труда при монтаже и эксплуатации системы освещения

При производстве работ по монтажу и дальнейшей эксплуатации системы наружного освещения микрорайона «Новая Травянка» на работников воздействует комплекс опасных и вредных производственных факторов, установленных ГОСТ 12.0.003-2015.

Таблица 3.1.1 –Опасные производственные факторы

| Фактор                        | Этап работ                   | Характер воздействия                                    |
|-------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Работа на высоте              | Монтаж опор и светильников   | Риск падения работника с высоты (высота опор 10 м)      |
| Поражение электрическим током | Монтаж и эксплуатация        | Работа под напряжением до 380В, риск замыканий          |
| Падение предметов             | Монтаж                       | Падение инструмента, кронштейнов, светильников с высоты |
| Движущийся транспорт          | Оба этапа                    | Работы вблизи проезжей части                            |
| Неблагоприятные метеоусловия  | Монтаж (открытая территория) | Работа при низких температурах, ветре, осадках          |

Таблица 3.1.2 –Вредные производственные факторы

| Фактор                     | Этап работ                        | Источник                                      |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| Повышенная запыленность    | Монтаж                            | Земляные работы, бурение под опоры            |
| Шум                        | Монтаж                            | Работа строительной техники, перфораторов     |
| Недостаточная освещенность | Эксплуатация (аварийные ситуации) | Отказ системы освещения                       |
| Тяжесть трудового процесса | Монтаж                            | Подъем и перемещение грузов (опоры до 500 кг) |

Особенностью условий труда при монтаже наружного освещения является совмещение нескольких опасных факторов одновременно: работа на высоте + работы в охранной зоне ЛЭП + работы вблизи дороги. Это требует повышенного внимания к организации безопасности.

### **3.2 Организация безопасного производства работ**

#### **3.2.1 Организационные мероприятия**

До начала производства работ по монтажу системы наружного освещения должны быть выполнены следующие мероприятия в соответствии с требованиями ПОТ РМ-012-2000 и СП 76.13330.2016:

Назначение ответственных лиц — приказом по организации назначаются лица, ответственные за безопасное производство работ (производитель работ, ответственный за выдачу наряда-допуска).

Оформление наряда-допуска — все работы в зоне действия ЛЭП, на высоте более 5 м, а также с использованием грузоподъемных механизмов выполняются по наряду-допуску.

Проведение инструктажа — перед началом работ проводится целевой инструктаж с записью в журнале регистрации инструктажей.

Проверка средств защиты — перед каждой сменой проверяется исправность СИЗ, инструмента, такелажа и приспособлений, как указано в профстандарте.

Ограждение места работ — при работах вблизи проезжей части устанавливаются временные дорожные знаки и ограждения.

#### **3.2.2 Технические мероприятия**

Таблица 3.2.1 – При монтаже опор освещения

| Требование                                                                       | Обоснование                                |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Монтаж опор ведется с автовышки или с использованием страховочных приспособлений | Высота опор 10 м требует защиты от падения |

Продолжение Таблицы 3.2.1 – При монтаже опор освещения

|                                                                                         |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| При установке опор в заранее подготовленные фундаменты (стаканы) используются фиксаторы | Предотвращение падения опоры |
| Запрещается нахождение людей под поднимаемой опорой                                     | Опасность падения груза      |
| При работе в охранной зоне ЛЭП напряжение снимается, накладывается заземление           | Электробезопасность          |

Таблица 3.2.2 –При монтаже кабельных линий

| Требование                                                                     | Обоснование                  |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Прокладка кабеля в траншее ведется при наличии ограждения и сигнальщиков       | Защита от транспорта         |
| Перед началом работ проверяется отсутствие напряжения на кабеле                | Исключение поражения током   |
| Соединение кабелей выполняется в муфтах, соответствующих условиям эксплуатации | Долговечность и безопасность |
| Засыпка траншеи осуществляется после осмотра и испытаний кабеля                | Контроль качества            |

Таблица 3.2.3 –При подключении светильников

| Требование                                                             | Обоснование                    |
|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Работы на высоте выполняются с использованием предохранительного пояса | Защита от падения              |
| Инструмент закрепляется на страховочном тросе                          | Исключение падения инструмента |
| Подключение выполняется при отключенном напряжении                     | Электробезопасность            |
| Фазировка проверяется перед включением                                 | Правильная работа системы      |

### 3.2.3 Требования к персоналу

К работам по монтажу и обслуживанию систем наружного освещения допускаются лица:

- не моложе 18 лет;
- прошедшие медицинский осмотр (отсутствие противопоказаний к работам на высоте);
- имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III (до 1000 В);
- прошедшие обучение и проверку знаний по охране труда;
- обученные безопасным методам работы на высоте.

### **3.2.4 Освещение строительной площадки**

На период производства монтажных работ строительная площадка должна быть обеспечена искусственным освещением в соответствии с ГОСТ 12.1.046-85 «Строительство. Нормы освещения строительных площадок»:

Таблица 3.2.4 –Нормы освещения строительных площадок

| Зона производства работ                       | Нормируемая освещенность, лк |
|-----------------------------------------------|------------------------------|
| Места производства монтажных работ на высоте  | 50                           |
| Места прохода людей в зоне производства работ | 10                           |
| Места въезда и выезда транспорта              | 20                           |
| Охранное освещение по периметру               | 2                            |

Используются прожекторы на временных опорах или переносные осветительные установки. Питание временного освещения выполняется по отдельной линии с защитой от токов короткого замыкания.

## **3.3 Оценка воздействия на окружающую среду при строительстве и эксплуатации системы освещения**

### **3.3.1 Источники загрязнения при строительстве**

В период производства строительно-монтажных работ по устройству системы наружного освещения возникают следующие виды воздействия на окружающую среду:

Таблица 3.3.1 –Загрязнение атмосферного воздуха

| Источник выбросов                                                        | Загрязняющие вещества                                      | Характер воздействия      |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------|
| Дизельная строительная техника (экскаватор, автокран, буровая установка) | Оксиды азота (NO <sub>x</sub> ), оксид углерода (CO), сажа | Временный, локальный      |
| Автотранспорт, доставляющий материалы                                    | Те же компоненты + несгоревшие углеводороды                | Временный                 |
| Сварочные работы                                                         | Сварочный аэрозоль (оксиды марганца, хрома, фториды)       | Точечный, кратковременный |

Объем выбросов ограничен периодом строительства (ориентировочно 2-3 месяца) и не оказывает значительного влияния на фоновое состояние атмосферного воздуха микрорайона.

Таблица 3.3.2 –Шумовое воздействие

| Источник шума                                 | Уровень шума, дБА | Режим работы            |
|-----------------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Экскаватор                                    | 80-95             | Периодический           |
| Автокран                                      | 75-85             | Периодический           |
| Бензиновая электростанция (при необходимости) | 85-100            | Постоянный (при работе) |

Шумовое воздействие ограничено светлым временем суток (строительные работы ведутся с 8:00 до 20:00), что соответствует требованиям СанПиН 1.2.3685-21.

Таблица 3.3.3 –Образование отходов строительства

| Вид отхода                                                | Класс опасности | Ориентировочное количество | Способ обращения                                                          |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Обрезки кабеля (медь, алюминий)                           | IV-V            | до 50 кг                   | Сдача в пункт приема металлолома                                          |
| Упаковка от светильников и оборудования (картон, пластик) | V               | до 200 кг                  | Вывоз на полигон ТКО (при отсутствии маркировки на вторичную переработку) |

### Продолжение Таблицы 3.3.3 – Образование отходов строительства

|                                                 |    |                   |                                                               |
|-------------------------------------------------|----|-------------------|---------------------------------------------------------------|
| Отработанные электроды                          | IV | до 5 кг           | Сбор в специальную тару, утилизация                           |
| Грунт (при рытье траншей и котлованов)          | V  | по объему траншей | Частичное использование для обратной засыпки, излишки — вывоз |
| Тара из-под бетона (при устройстве фундаментов) | IV | до 10 шт          | Сдача специализированной организации                          |

### Воздействие на почву и растительность

Основное воздействие на почвенный покров связано с:

- земляными работами при прокладке кабельных траншей (нарушение почвенного профиля);
- установкой опор освещения (изъятие земельного участка под фундамент);
- движением строительной техники вне дорог (уплотнение почвы).

При прохождении трассы в зоне зеленых насаждений сохраняются нормативные расстояния: не менее 2 м от стволов деревьев и не менее 0,75 м от кустарников.

### 3.3.2 Воздействие при эксплуатации

Таблица 3.3.4 – Отходы эксплуатации

| Вид отхода                                                        | Класс опасности | Периодичность образования        |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Вышедшие из строя светодиодные светильники (с платой и драйвером) | IV              | 1-2 шт в год (в период гарантии) |
| Отработанные кабели при ремонте                                   | IV-V            | По факту ремонта                 |
| Металлолом (опоры, кронштейны)                                    | V               | При капитальном ремонте          |

Примечание: Проектом предусмотрены светодиодные светильники, которые не содержат ртути. Отходы светодиодных ламп относятся к IV классу опасности, что значительно безопаснее ртутьсодержащих ламп (I класс).

Световое загрязнение (светошумовое воздействие)

Некорректное проектирование наружного освещения может приводить к:  
засветке окон жилых домов (слепящее действие);  
нарушению естественных биоритмов животных и растений;  
нерациональному расходованию электроэнергии.

Тепловое излучение

Современные светодиодные светильники мощностью 80 Вт имеют КПД 90-95%, что означает рассеивание в виде тепла не более 4-8 Вт на один светильник. Совокупное тепловыделение составляет около 0,5 кВт на всю систему, что не оказывает заметного влияния на микроклимат территории.

### **3.4 Экологические решения при реализации проекта**

#### **3.4.1 Обоснование выбора энергоэффективных светильников**

В проекте приняты светодиодные светильники ДКУ-80W IP65 (8800 Лм, 5000K). Их применение обеспечивает экологический эффект по нескольким направлениям.

Таблица 3.4.1 – Экологический эффект светильников ДКУ-80W IP65

| Параметр             | Светодиодный светильник (принятый) | Ртутный ДРЛ (аналог) | Экологический эффект                  |
|----------------------|------------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| Мощность             | 80 Вт                              | 250 Вт               | Снижение энергопотребления в 3,1 раза |
| Срок службы          | 50 000 ч                           | 12 000 ч             | Снижение количества отходов в 4 раза  |
| Содержание ртути     | Отсутствует                        | 30-50 мг             | Отсутствие опасных отходов I класса   |
| Коэффициент мощности | >0,95                              | 0,5-0,6              | Снижение потерь в сетях               |

Снижение энергопотребления на 102 кВт по сравнению с ртутными аналогами ( $137 \text{ шт.} \times 170 \text{ Вт} = 23,29 \text{ кВт}$  вместо  $137 \times 250 = 34,25 \text{ кВт}$ ) позволяет уменьшить выбросы парниковых газов при производстве электроэнергии на ТЭЦ (ориентировочно 0,4 кг CO<sub>2</sub> на 1 кВт·ч × годовое потребление).

### **3.4.2 Организация сбора и утилизации отходов**

Для периода строительства:

1. На площадке строительства организуются места временного накопления отходов с разделением по видам:
  - контейнер для ТКО;
  - металлический ящик для металлолома;
  - герметичный контейнер для отходов IV класса (обрезки изоляции, тара);
  - мешки для строительного мусора.
2. Заключаются договоры с лицензированными организациями на вывоз и утилизацию отходов.

Для периода эксплуатации:

Согласно Постановлению Правительства РФ № 2314 от 28.12.2020 «Об обращении с отходами осветительных устройств», эксплуатирующая организация обязана:

1. Назначить ответственное лицо за обращение с отходами освещения.
2. Организовать место накопления отработанных светильников (отходы IV класса опасности):
  - отдельное помещение или закрытый контейнер;
  - укладка светильников в транспортную упаковку (можно использовать упаковку от новых);
  - маркировка места накопления.
3. Обеспечить передачу отходов оператору, имеющему лицензию на обращение с отходами IV класса опасности, не реже 1 раза в 11 месяцев (в соответствии с требованиями Федерального закона № 89-ФЗ).
4. Оформлять акт приема-передачи отходов.

## 5. Вести журнал учета образования и передачи отходов.

Важно: Поскольку проектом предусмотрены светодиодные светильники без содержания ртути, требования о герметичной упаковке и специальном режиме хранения менее строгие, чем для ртутьсодержащих ламп. Тем не менее, для соблюдения законодательства необходима передача отходов лицензированному оператору.

### 3.4.3 Мероприятия по снижению светового загрязнения

Для минимизации негативного воздействия искусственного освещения на жителей и окружающую среду проектом предусмотрены следующие решения:

1. Рациональное размещение светильников:
  - Однорядная расстановка опор со средним шагом 35 м;
  - Расстояние от опоры до проезжей части не менее 4,0 м;
  - При наличии тротуара опоры устанавливаются за тротуаром.
2. Применение светильников с защитным углом:
  - Используются светильники типа ДКУ-80W с IP65;
  - Обеспечено отсутствие прямых лучей в сторону окон жилых домов (кронштейн с наклоном 15°, светораспределение направлено на проезжую часть).
3. Выбор температуры света:
  - Принят нейтрально-белый свет 5000K, обеспечивающий хорошую цветопередачу (CRI >70);
  - При размещении вблизи жилых зон рекомендуется использовать «теплый» спектр (3000-3500K).
4. Автоматизация управления:
  - Отключение освещения в ночные часы (после 24:00) при низкой интенсивности движения;
  - Обеспечение аварийного режима 30% мощности в ночное время.
5. Применение экранирующих конструкций (при необходимости):
  - При выявлении засветки окон после ввода в эксплуатацию устанавливаются дополнительные боковые экраны.

### **3.4.4 Мероприятия по сохранению зеленых насаждений**

При прокладке кабельных трасс и установке опор освещения соблюдаются следующие природоохранные требования:

1. Обход существующих зеленых насаждений:

- Трассы прокладываются вдоль существующих дорог и проездов по возможности вне зоны корневых систем деревьев.

- Расстояние от оси траншеи до ствола дерева — не менее 2,0 м.

- При невозможности обхода — согласование с эксплуатирующей зеленое хозяйство организацией.

2. Сохранение почвенного слоя:

- Плодородный слой почвы (20-30 см) снимается и складывается отдельно;

- После завершения работ выполняется обратная засыпка и восстановление плодородного слоя;

- Нарушенные газоны восстанавливаются (посев газонных трав).

3. Минимизация нарушаемой площади:

- Минимальная ширина траншеи для кабеля (не более 0,5 м);

- Компактное размещение строительной площадки и временных проездов;

- Запрет на складирование материалов и проезд техники вне отведенных мест.

4. Восстановление нарушенных территорий (рекультивация):

- Планировка поверхности после засыпки траншей;

- Восстановление дорожного покрытия и тротуаров;

- Посадка газонов и компенсационная высадка деревьев/кустарников при необходимости.

Таблица 3.4.2 –Ожидаемый экологический эффект

| Показатель                                          | Значение                          | Эффект                                        |
|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| Снижение энергопотребления по сравнению с аналогами | 10,96 кВт                         | Сокращение выбросов парниковых газов          |
| Отсутствие ртути в светильниках                     | 0 мг ртути на систему             | Отсутствие риска загрязнения при утилизации   |
| Срок службы светильников                            | 50 000 ч (≈12 лет)                | Снижение количества отходов в 4 раза          |
| Управление освещением                               | Автоматическое (АСУ НО «Рассвет») | Дополнительная экономия 30-50% электроэнергии |

## **4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

Расчёт экономической эффективности проекта освещения микрорайона Новая Травянка в г. Лысьва базируется на сравнении капитальных затрат с расходами на эксплуатацию. Переход на современные светодиодные (LED) технологии снижает потребление электроэнергии до 70% по сравнению с устаревшими лампами ДРЛ или ДНаТ, обеспечивая срок окупаемости от 1,5 до 3 лет.

### **4.1 Исходные параметры микрорайона Новая Травянка**

На основании выполненных в разделе 2 расчётов проектом предусмотрены следующие параметры системы наружного освещения:

- Протяжённость сети: ~5,3 км (магистральный провод СИП-4) с учётом всех улиц: Ново-Травянская, Лысьвенская, Спортивная, Звёздная, Солнечная, Зелёная, Рябиновая, Строгановых, Сиреневая,
- Количество светильников - 137 шт,
- Тип опор: металлические оцинкованные фланцевые опоры высотой 10,0 м (СФГ-400/1000-10.0),
- Осветительные приборы: энергосберегающие светодиодные консольные светильники ДКУ-80WIP65 мощностью 80 Вт, световой поток 8800 лм, световая отдача 110 лм/Вт,
- Режим работы: согласно ГОСТ Р 52765-2007, для Пермского края (климатическая зона II) среднее годовое время работы наружного освещения составляет 3 900 часов (с учётом сезонной регулировки).

### **4.2 Расчёт потребления электроэнергии (экономический эффект)**

Для корректного сравнения рассматриваются два варианта:

- базовый (устаревший): лампа ДРЛ-250 (мощность с ПРА  $\approx$  300 Вт),
- проектный (LED): светильник ДКУ-80W (фактическая мощность 80 Вт).

Расчёт выполнен на фактическое количество светильников — 137 шт.

Показатели для устаревшей системы (ДРЛ-250):

$$P_{\text{ДРЛ}} = 137 \times 0,3 = 41,1 \text{ кВт} \quad (18)$$

$$W_{\text{ДРЛ}} = P_{\text{ДРЛ}} \times T = 41,1 \text{ кВт} \times 3\,900 \text{ ч} = 160\,290 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год} \quad (19)$$

Показатели для проектной системы (LED 80 Вт):

$$P_{\text{LED}} = 137 \times 0,08 = 10,96 \text{ кВт} \quad (20)$$

$$W_{\text{LED}} = P_{\text{LED}} \times T = 10,96 \text{ кВт} \times 3\,900 \text{ ч} = 42\,744 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год} \quad (21)$$

Годовая экономия электроэнергии ( $\Delta E$ ):

$$\Delta E = W_{\text{ДРЛ}} - W_{\text{LED}} = 160\,290 - 42\,744 = 117\,546 \text{ кВт} \cdot \text{ч/год} \quad (22)$$

В стоимостном выражении экономия на электроэнергии:

Согласно Постановлению Министерства тарифного регулирования и энергетики Пермского края от 19.12.2025 № 18-э, на 2026 год для юридических лиц и муниципальных учреждений (категория «прочие потребители») установлен одноставочный тариф 5,17 руб./кВт·ч

$$\mathcal{E}_{\text{эл}} = \Delta E \times t_{\text{тариф}} = 117\,546 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \times 5,17 \text{ руб./кВт} \cdot \text{ч} = 607\,713 \text{ руб./год} \quad (23)$$

### 4.3 Расчёт затрат на эксплуатацию

Проектная система обеспечивает существенное снижение эксплуатационных расходов за счёт:

1. Отсутствия регулярной замены ламп.

Срок службы светодиодного светильника — 50 000 часов ( $\approx 12,8$  лет при 3 900 ч/год).

Лампа ДРЛ-250 требует замены каждые 12 000 часов ( $\approx 3$  года).

Стоимость одной лампы ДРЛ-250 — ~500 руб., ПРА — ~1 500 руб.

## 2. Снижения затрат на спецтехнику и персонал.

Для замены одной лампы на высоте 10 м требуется автовышка (1 500 руб./час) и электромонтёр (500 руб./час). Время на одну замену — 0,5 часа.

Расчёт годовой экономии на обслуживании:

При базовом варианте ежегодно требуется замена ~45 ламп (137 шт. / 3 года службы).

$$\text{Затраты на 1 замену} = (1500 + 500) \times 0,5 = 1000 \text{ руб.} \quad (24)$$

$$\text{Эобсл} = 45 \times 1\,000 = 45\,000 \text{ руб./год} \quad (25)$$

Примечание: В проектной системе замена светильников в первые 10–12 лет не требуется, поэтому указанная экономия является прямой.

### 4.4 Финансовые показатели и окупаемость

#### 4.4.1 Капитальные затраты (К)

Таблица 4.4.1– Расчёт капитальных затрат

| Наименование                      | Кол-во  | Цена за ед., руб. | Сумма, руб. |
|-----------------------------------|---------|-------------------|-------------|
| Светильник ДКУ-80W                | 137 шт. | 4 500             | 616 500     |
| Опора СФГ-400/1000-10.0           | 137 шт. | 14 000            | 1 918 000   |
| Кронштейн оцинкованный            | 137 шт. | 1 200             | 164 400     |
| Провод СИП-4 4×35 мм <sup>2</sup> | 5 300 м | 85                | 450 500     |
| Кабель ВВГ 3×2,5 мм <sup>2</sup>  | 1 600 м | 28                | 44 800      |

**Продолжение Таблицы 4.4.1– Расчёт капитальных затрат**

|                                         |         |         |           |
|-----------------------------------------|---------|---------|-----------|
| Провод ПУГВ 1×16<br>мм²                 | 1 800 м | 42      | 75 600    |
| Кабель АВБШв 4×50<br>мм²                | 250 м   | 380     | 95 000    |
| Шкаф ШНО с АСУ<br>НО «Рассвет»          | 1 шт.   | 180 000 | 180 000   |
| Автоматы защиты,<br>заземление          | компл.  | 50 000  | 50 000    |
| Итого материалы                         |         |         | 3 594 800 |
| Монтажные работы<br>(40% от материалов) |         |         | 1 437 920 |
| Проектирование и<br>ПНР                 |         |         | 300 000   |
| Общие капитальные<br>затраты (К)        |         |         | 5 332 720 |

**4.4.2 Чистая годовая экономия (Эгод)**

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{эл}} + \mathcal{E}_{\text{обсл}} = 607\,713 + 45\,000 = 652\,713 \text{ руб./год} \quad (26)$$

**4.4.3 Срок окупаемости (Ток)**

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{5\,332\,720}{652\,713} \approx 8,2 \text{ года} \quad (27)$$

С учётом ежегодного роста тарифов на электроэнергию (в среднем 5% в год) и возможности применения автоматизированной системы управления (АСУ НО «Рассвет»), которая дополнительно экономит 15–20% электроэнергии за счёт ночного снижения мощности, реальный срок окупаемости сокращается до 6–7 лет.

Таблица 4.4.1 – Интегральные показатели эффективности

| Показатель                                                | Значение   |
|-----------------------------------------------------------|------------|
| Капитальные затраты, руб.                                 | 5 332 720  |
| Годовая экономия электроэнергии, кВт·ч                    | 117 546    |
| Тариф на электроэнергию (без НДС), руб./кВт·ч             | 5,17       |
| Годовая экономия в рублях (электроэнергия + обслуживание) | 652 713    |
| Снижение выбросов CO <sub>2</sub> (0,4 кг/кВт·ч), т/год   | 47,0       |
| Срок окупаемости (простой), лет                           | 8,2        |
| Срок окупаемости (с учётом АСУ и роста тарифов), лет      | ~6,5       |
| Экономия за 12 лет (срок службы светильников), руб.       | ~7 832 556 |

#### Выводы по экономической части

1. Экономическая целесообразность подтверждена. Проект модернизации наружного освещения микрорайона Новая Травянка обеспечивает годовую экономию денежных средств в размере 652 713 рублей за счёт снижения потребления электроэнергии в 3,7 раза и сокращения эксплуатационных расходов.

2. Окупаемость в пределах нормативного срока. Простой срок окупаемости составляет 8,2 лет, что для систем наружного освещения является приемлемым (норматив для муниципальных проектов — до 10 лет). При использовании АСУ НО «Рассвет» срок окупаемости сокращается до 6,5 лет.

3. Бюджетный эффект. За весь срок службы светильников (12 лет) чистая экономия бюджета города Лысьва составит более 7,8 млн рублей без учёта предотвращённых затрат на аварийные ситуации и травматизм в тёмное время суток.

4. Социальная эффективность дополняет экономическую. Помимо прямых финансовых выгод, проект обеспечивает снижение уличного травматизма, повышение безопасности дорожного движения и улучшение

качества жизни жителей микрорайона (освещённые спортивная площадка и прихрамовая территория).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломного проекта разработан проект модернизации наружного освещения микрорайона Новая Травянка (г. Лысьва, улицы Ново-Травянская, Лысьвенская, Спортивная, Звёздная и др.), обеспечивающий соответствие освещённости действующим нормативным требованиям и минимизацию энергозатрат.

На основе анализа современной нормативной базы, климатических условий и градостроительных особенностей частного сектора были решены следующие ключевые задачи:

1. Светотехнические решения. Выполнены расчёты, подтвердившие, что принятые светодиодные светильники ДКУ-80W (8800 лм, 80 Вт) при однорядной расстановке опор высотой 10 м с шагом 35 м обеспечивают среднюю освещённость 16,2 лк (при норме 15 лк) и равномерность 0,72, что соответствует требованиям ГОСТ Р 58107.1-2018 и СП 52.13330.2016 для категории Б2.

2. Электроснабжение и защита. Разработана принципиальная схема электроснабжения III категории надёжности (система заземления TN-C-S). Выбраны сечения проводников: магистральный СИП-4 4×35 мм<sup>2</sup> (допустимый ток 105 А при расчётном 17,6 А), кабельные спуски ВВГ 3×2,5 мм<sup>2</sup>, питающий кабель АВБШв 4×50 мм<sup>2</sup>. Падение напряжения в наиболее удалённой точке сети не превышает 1,2 % (норма ≤ 5 %). Автоматические выключатели ВА47-63 с характеристикой «В» обеспечат надёжное отключение при токах короткого замыкания.

3. Охрана труда и безопасность. Проведён анализ опасных факторов (работа на высоте до 10 м, поражение электрическим током, движение транспорта, неблагоприятные метеоусловия). Предложены организационные (наряд-допуск, инструктажи) и технические мероприятия (использование автовышек, страховочных поясов, ограждений, снятие напряжения), обеспечивающие безопасное производство работ. Персонал должен иметь группу по электробезопасности не ниже III и допуск к высотным работам.

4. Экологическая безопасность. Применение светодиодных светильников (без содержания ртути) исключает образование опасных отходов I класса. По сравнению с лампами ДРЛ энергопотребление снижено в 3,7 раза, что сокращает выбросы парниковых газов (экономия электроэнергии 117 546 кВт·ч/год → уменьшение выбросов CO<sub>2</sub> ~47 т/год). Предусмотрены мероприятия по сбору и передаче отходов IV класса опасности лицензированным операторам, сохранению зелёных насаждений, рекультивации почвы, а также снижению светового загрязнения (защитный угол светильников, автоматическое отключение в ночные часы).

5. Экономическая эффективность. Капитальные затраты на проект составляют 5 332 720 руб. Годовая экономия электроэнергии — 117 546 кВт·ч, что в денежном выражении при тарифе 5,17 руб./кВт·ч даёт 607 713 руб./год, а с учётом снижения эксплуатационных расходов (отсутствие регулярной замены ламп, экономия на автовышке и персонале) чистая годовая экономия достигает 652 713 руб./год. Простой срок окупаемости — 8,2 года (с учётом АСУ НО «Рассвет» и роста тарифов — 6,5 лет), что лежит в пределах нормативных сроков для муниципальных проектов (до 10 лет). За 12 лет эксплуатации чистый бюджетный эффект превысит 7,8 млн рублей.

Общее заключение: запроектированная система наружного освещения микрорайона Новая Травянка полностью соответствует требованиям ПУЭ, ГОСТ, СП, является безопасной, надёжной, энергоэффективной и экологически приемлемой. Реализация проекта обеспечит не только прямой экономический эффект, но и значимый социальный результат: безопасные пешеходные пути, снижение травматизма и криминогенности, полноценное использование спортивной площадки и прихрамовой территории в тёмное время суток.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
2. Постановление Правительства РФ от 20.07.2011 № 602 «Об утверждении требований к осветительным устройствам и электрическим лампам...» (в части энергоэффективности).
3. Постановление Правительства РФ от 28.12.2020 № 2314 «Об обращении с отходами осветительных устройств».
4. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления».
5. Постановление Министерства тарифного регулирования и энергетики Пермского края от 19.12.2025 № 18-э «О тарифах на электрическую энергию... на 2026 год».
6. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е издание. – М. : НЦ ЭНАС, 2024.
7. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85.
8. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.
9. СП 76.13330.2016. Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85.
10. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы... безопасности для человека факторов среды обитания.
11. ГОСТ Р 58107.1-2018. Освещение автомобильных дорог общего пользования. Нормы и методы расчета.
12. ГОСТ Р 52766-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства.
13. ГОСТ 32944-2014. Пешеходные переходы. Общие технические требования.

14. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
15. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (ССБТ).
16. ГОСТ 12.1.046-85. Нормы освещения строительных площадок (ССБТ).
17. Jazzway. Каталог продукции: Светильники светодиодные консольные серии ДКУ-80W. – М. : «Джазвэй Рус», 2025.
18. ЭПСТО-РУС. Линейная арматура для распределительных сетей на напряжение 0,4–35 кВ: каталог. – М., 2023.
19. ЭПСТО-РУС. Пособие по проектированию ВЛ 0,38–20 кВ с самонесущими изолированными проводами. – М., 2024.
20. TDM Electric. Низковольтное оборудование: автоматические выключатели ВА47-63. – М., 2024.
21. Айзенберг, Ю.Б. Основы конструирования электрических источников света / Ю.Б. Айзенберг. – М. : Энергоатомиздат, 2011.
22. Айзенберг, Ю.Б. Энергосбережение в освещении / Ю.Б. Айзенберг. – М. : Знак, 2016.
23. Пафилов, Е.А., Зайцев, В.А., Чайковский, В.М. и др. Потенциал энергосбережения в системах искусственного освещения // Энергосбережение. – 2021. – № 4. – С. 24–31.

Устройство сети наружного освещения по адресу: с. Лысьва, микрорайон Новая трапезка, ул. Наво-Травянская, ул. Лысьвенская, ул. Спортивная, ул. Звездная, ул. Солнечная, ул. Зеленая, ул. Рабочая, ул. Строгановых, ул. Сиреневая

