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 Реконструкция системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района Атырауской области

Студент М. Жолдасов
(И.О. Фамилия) (личная подпись)

Руководитель к.п.н., доцент, М.Н. Третьякова
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Аннотация

Система уличного освещения села Косшагыл, расположенного в Жылыойском районе Атырауской области, в настоящее время характеризуется существенным износом. Назрела необходимость в ее реконструкции. Поэтому выпускная квалификационная работа (ВКР), направленная на разработку проекта реконструкции системы уличного освещения для села Косшагыл является достаточно актуальной.

На основе проведенных расчетов в рамках ВКР осуществлен выбор современного электрооборудования и светодиодного энергоэффективного освещения с автоматизированным управлением при помощи системы типа «Гелиос».

ВКР представляет собой пояснительную записку, состоящую из введения, четырех разделов основной части, заключения, списка источников информации и графической части на 6 листах формата А1. Пояснительная записка выполнена на 53 листах формата А4, содержит 9 таблиц и 9 рисунков.

Содержание

Введение 4
1 Анализ системы уличного освещения села Косшагыл 5
2 Расчет, выбор и проверка электрооборудования для системы освещения села Косшагыл 12
2.1 Выбор светильников 12
2.2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок линий освещения 14
2.3 Проверка силовых трансформаторов 17
2.4 Выбор проводников и арматуры для подвеса проводов 21
2.5 Расчет токов короткого замыкания 26
2.6 Выбор шкафов управления освещением 29
3 Расчет заземления опор и трансформаторной подстанции 32
4 Технология и организация реконструкции системы уличного освещения .. 39
Заключение 50
Список используемых источников 52

Введение

Одной из важнейших сфер народного хозяйства является электроэнергетика. В связи с развитием различных производств, внедрением передовых технологий происходит постоянное увеличение потребляемой электроэнергии технологическим электрооборудованием [3], [11], [22].

Объект исследования – система уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района.

Предмет исследования – поиск оптимальных подходов в процессе разработки проекта реконструкции системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района.

Цель работы – разработать проект реконструкции системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района.

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи:

- обосновать актуальность разрабатываемой темы и привести краткую характеристику объекта проектирования;
- выбрать светильники;
- рассчитать ожидаемые электрические нагрузки линий освещения;
- проверка силовых трансформаторов;
- выбрать проводники и арматуру для подвеса проводов;
- рассчитать токи короткого замыкания;
- выбрать шкафы управления освещением;
- рассчитать заземление опор и трансформаторной подстанции;
- рассмотреть технологию строительства.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования результатов ВКР для разработки проекта реконструкции уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района с применением светодиодных светильников.

Теоретическая значимость работы состоит в изучении методики расчета уличного освещения населенных пунктов.

1 Анализ системы уличного освещения села Косшагыл

Земельный участок, где расположена территория объекта, согласно СП РК 2.04-01-2017 «Строительная климатология» имеет следующие специфические характеристики.

«Климат района работ отличается резкой континентальностью и аридностью, что проявляется в больших суточных и годовых амплитудах колебания температуры воздуха и в неустойчивости климатических показателей во времени, из года в год» [20].

Сезонные и суточные колебания температуры, а также очень высокие температуры летом способны оказывать негативное воздействие на эксплуатационные характеристики объектов энергетики, расположенных в данной зоне.

Влияние Каспийского моря, на климат прилегающей к нему территории, весьма ограничено и заметно лишь в узкой полосе побережья.

Согласно СНиП РК 2.04-01-2010 «Строительная климатология» район строительства относится к «IIIА климатическому району:

- степень огнестойкости здания – II;

- категория здания по взрывопожарной и пожарной опасности – «Д»

- расчетная зимняя температура наружного воздуха - минус 31ºС;

- временные нагрузки – в соответствии со СНиП 2.01.07-85* «Нагрузки и воздействия»;

- нормативная глубина промерзания грунтов – 1,50 м» [20].

«Климат территории резко-континентальный. Основные его черты: большие колебания температуры наружного воздуха зимой и летом, днем и ночью, общая сухость воздуха, обилие солнечного света и относительно небольшое количество осадков. Для района характерным является изобилие тепла и преобладание ясной сухой погоды.

Преобладают каштановые, глинистые и солонцовые почвы с полынной и полынно-житняковой растительностью» [20].

Место расположения обследуемого объекта: Атырауская область, Жылыойский район, село Косшагыл.

Разрешенная мощность электропотребления: 10кВт, напряжение 220В.

Характер потребления электроэнергии: постоянный.

Категория надежности электроснабжения: III.

Разрешенный коэффициент мощности 0,4 кВ – $\cos\varphi \geq 0{,}93$.

«Самым холодным месяцем здесь является январь, средняя месячная температура которого составляет - 9,4 ºС. Самый жаркий месяц–июль, средняя месячная температура +27,5 ºС. Продолжительность теплого времени с положительными месячными температурами воздуха равна 9 месяцам – с марта по ноябрь» [20].

Для проведения работ по техническому обследованию, Заказчиком представлено техническое условие №27-2198 от АО «Атырау Жарык», составленный по состоянию на 17.04.2019 год.

Техническое освидетельствование уличного освещения производилось согласно СП РК 1.04-101-2012 «визуально и инструментально (техническими инструментами и фотоприборами) [18] и СП РК 1.04-102-2012 СП РК 1.04-102-2012 [19].

Для оценки технического состояния уличного освещения выполнено визуальное обследование с выборочной графической и фотографической фиксацией выявленных дефектов и повреждений. Подробное описание выявленных дефектов и повреждений с описанием месторасположения, а также выборочная фото-фиксация представлены на рисунках 1 – 3.

Рисунок 1 – Существующие опоры с повреждениями

Рисунок 2 – Существующие опоры с повреждениями

Рисунок 3 – Существующие опоры с повреждениями

При обследовании уличного освещения обнаружены дефекты и повреждения следующего характера:

- искривления, расстройства и ржавые пятна стальной опоры;

- вертикальные трещины, шелушение окрасочного слоя и выкрашивание бетона железобетонных опор с оголением и коррозией арматур;

- поражение гнилью и жучком концов деревянных опор;

- коррозии и местами отсутствие консольных кронштейнов;

- провода наружной электрической сети изношены, имеют повреждения изоляции, местами наблюдаются обрывы, следы оплавления проводов и коррозия в местах присоединения контактов;

- недопустимая стрела провиса провода

- жгуты кабелей имеют повреждения в виде рассыхания и коробления изоляции.

Электрические системы уличного освещения морально и физически изношены, о чем свидетельствует оплавления изоляцией.

Следует отметить, что расчетная нагрузка на электрические сети не соответствует фактической, так как на сегодняшний день в процессе работы применяется современная оргтехника, вследствие чего возникают перебои подачи электричества.

На основании проведенного визуального обследования следует сделать вывод, что техническое состояние уличного освещения неудовлетворительное и не соответствует требованиям ПУЭ РК и СНиП РК-4.04.10.2002 «Электротехнические устройства».

Анализ результатов обследования показывает, что во избежание дальнейших развитий установленных дефектов и повреждений и для обеспечения нормальной работы объекта: «Реконструкция уличного освещения в с. Косшагыл Жылыойского района Атырауской области» необходимо выполнить реконструкцию объекта предварительно составив ведомость дефектов с учетом всех необходимых работ, разработав проектно-

сметную документацию согласно СН РК 1.02-03-2011 и СН РК 1.04-26-2011 «Реконструкция, капитальный и текущий ремонт жилых и общественных зданий».

При выполнении строительных работ на объекте необходимо соблюдение правил техники безопасности в строительстве, регламентируемые СН РК 1.03-14-2011 «Охрана труда и техника безопасности в строительстве».

Выводы к разделу 1

Анализ результатов обследования показывает, что во избежание дальнейших развитий установленных дефектов и повреждений и для обеспечения нормальной работы объекта: «Уличное освещение в с. Косшагыл Жылыойского района Атырауской области» необходимо выполнить реконструкцию объекта предварительно составив ведомость дефектов с учетом всех необходимых работ, разработав проектно-сметную документацию согласно СН РК 1.02-03-2011 и СН РК 1.04-26-2011 «Реконструкция, капитальный и текущий ремонт жилых и общественных зданий».

При выполнении строительных работ на объекте необходимо соблюдение правил техники безопасности в строительстве, регламентируемые СН РК 1.03-14-2011 «Охрана труда и техника безопасности в строительстве».

2 Расчет, выбор и проверка электрооборудования для системы освещения села Косшагыл

2.1 Выбор светильников

Так как в настоящее время одним из направлений энергосбережения на территории нашей страны является внедрение светодиодного освещения, то для уличного освещения рассматриваемого села Косшагыл применяются современные светодиодные светильники марки NITEOS «LIRA» 80 Вт [14]. Технические характеристики светильников NITEOS «LIRA» сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики светильников NITEOS «LIRA»

Параметр	Величина
Производитель	Plato
Страна производитель	Китай
Материал корпуса	Алюминий
Цвет свечения	Холодный белый
Мощность	80 Вт
Коэффициент мощности	0,97
Световой поток светодиодного модуля	10050 лм
Световой поток светильника	8550
Световая эффективность	107 Лм/Вт
Напряжение	220 В
Степень защиты IP	65
Вес	3600 г
Срок службы	100000 часов
Угол излучения света	140 град.
Минимальная рабочая температура	-40 град.
Максимальная рабочая температура	50 град.
Кривые силы света (КСС)	Д
Цветовая температура	5000 К
Индекс цветопередачи CRI (Ra)	80
Коэффициент пульсаций светового потока, %	1
Марка светодиода	NICHIA
Длина	26 см
Высота	27 см
Ширина	15 см

Преимуществами светодиодных светильников в сравнении с другими типами светильников являются [1], [10], [17]:

- существенная экономия электрической энергии в сравнении с газоразрядными лампами, которые также используют для освещения улиц городов и малых населенных пунктов;

- срок службы у светодиодных светильников намного больше, чем у альтернативных источников света и составляет от 50 до 100 тысяч часов;

- срок службы данных светильников составляет не менее 15 лет;

- выбранные светодиодные светильники могут работать при рабочих температурах от -40°С до +50°С;

- коэффициент пульсации составляет 0 и таким образом, светодиодное освещение не вызывает нагрузку на глаза, в отличие от газоразрядных ламп;

- коэффициент мощности cos φ для всех светодиодных светильников превышает 0,9, а для выбранных светильников NITEOS «LIRA» 80 Вт составляет 0,97, что намного больше, чем у светильников с лампами типа ДРЛ и ДНат;

- отсутствие ртутных паров и ультрафиолетового излучения; не требуют специальной утилизации, что позволяет экономить денежные средства предприятия благодаря тому, что заключать договор на утилизацию светильников и ламп заключать не требуется;

- отсутствие стробоскопического эффекта (мерцаний), что благотворно влияет на здоровье жителей села Косшагыл Жылыойского района Атырауской области;

- отсутствие больших пусковых токов, что снижает нагрузку на электрические сети в момент включения уличного электрического освещения;

- стойкие к перепадам напряжения в сети от 170-280 В, что очень актуально в сельских электрических сетях, где из-за удаленности потребителей от источников питания достаточно часто случаются большие

падения напряжения, а также скачки напряжения при пуске мощных потребителей;

- виброустойчивость;

- повышенная устойчивость к механическим воздействиям, что позволяет применять данные светильники в различных сложных условиях окружающей среды;

- мгновенный запуск, что позволяет настраивать включение уличного освещения при заданном уровне освещенности, а не за какое то время до этого в противном случае, что в свою очередь позволяет экономить денежные средства;

- снижение потребляемой мощности, что позволяет как экономить денежные средства муниципального бюджета на освещение улиц городов и малых населенных пунктов, а так и в целом снижает потребление полезных ископаемых на нашей планете, что благотворно влияет на экологическую ситуацию на планете;

- снижение издержек на техобслуживание светильников;

- освещение эффективнее и качественнее благодаря белому свету светодиодов.

2.2 Расчет ожидаемых электрических нагрузок линий освещения

Расчет нагрузок рассматриваемой системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района выполняется по методу коэффициента спроса [7], [12], [21]. Коэффициент спроса для отдельных линий уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района и всего села в целом принимается

$$k_c = 0{,}1.$$

Величина активной мощности линии светильников определяется по формуле [13]:

$$P_{\text{р}} = n \cdot P_{\text{св}} \cdot k_c, \quad (1)$$

где $P_{\text{св}}$ – номинальная мощность одного светодиодного светильника NITEOS «LIRA», $P_{\text{св}}$ = 80 Вт.

Так для улицы с въезда в село Косшагыл до ул. М. Толебаева, протяженностью 2200 м, для освещения которой используется 136 светильников NITEOS «LIRA»

$$P_{\text{р}} = 136 \cdot 80 \cdot 1 = 10880 \text{ Вт} = 10{,}88 \text{ кВт}.$$

Величина реактивной мощности линии светильников определяется по формуле:

$$Q_{\text{р}} = P_{\text{р}} \cdot tg\varphi, \quad (2)$$

где $tg\varphi$ определяется из $cos\varphi$, указанного в паспортных данных светильников.

Так для улицы с въезда в село Косшагыл до ул. М. Толебаева согласно паспортным данным светильников $cos\varphi$=0,97, то принимаем $tg\varphi$ = 0,251

$$Q_{\text{р}} = 10{,}88 \cdot 0{,}251 = 2{,}73 \text{ кВт}.$$

Полная мощность линии светильников определяется по формуле:

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2}. \quad (3)$$

Так для улицы с въезда в село Косшагыл до ул. М. Толебаева полная мощность составляет

$$S_p = \sqrt{10{,}88^2 + 2{,}73^2} = 11{,}22 \text{ кВА}.$$

Расчетный ток каждой группы линии светильников определяется по формуле:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}. \quad (4)$$

Так для улицы с въезда в село Косшагыл до ул. М. Толебаева расчетный ток равен

$$I_p = \frac{11{,}22}{\sqrt{3} \cdot 0{,}38} = 17{,}06 \text{ А}.$$

Мощность системы освещения села Косшагыл Жылыойского района в целом определяется как сумма мощностей отдельных линий освещения каждой из улиц села. Результаты расчета нагрузок системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Расчет нагрузок системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района

Обозначение на плане	Кол-во	$P_р$, кВт	cosφ	tgφ	$Q_р$, кВт	$S_р$, кВт	$I_р$, кВт
Улица с въезда в с. Косшагыл до ул. М. Толебаева	136	10,88	0,97	0,251	2,73	11,22	17,06
Улица Сатпаева	35	2,8	0,97	0,251	0,70	2,89	4,39
Улица с магазина «Жайнагуль» до НПС	30	2,4	0,97	0,251	0,60	2,47	3,76

Продолжение таблицы 2

Обозначение на плане	Кол-во	$P_р$, кВт	cosφ	tgφ	$Q_р$, кВт	$S_р$, кВт	$I_р$, кВт
Улица Желтау	71	5,68	0,97	0,251	1,43	5,86	8,91
Улица Абылайхана	69	5,52	0,97	0,251	1,39	5,69	8,66
Улица О. Жандосова	45	3,6	0,97	0,251	0,90	3,71	5,65
Итого		36,64	0,97	0,251	9,20	37,77	57,46

2.3 Проверка силовых трансформаторов

а) Выбор компенсирующих устройств

«В первую очередь при выборе трансформаторов необходимо выбрать компенсирующие устройства, устанавливаемые на ТП 6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района» [6], [13].

«Это необходимо в связи с тем, что «наличие в электросети реактивной мощности (РМ) уменьшает качество электроэнергии, может стать причиной таких явлений как повышение платы за электроэнергию, возникновение дополнительных потерь и перегрева проводников, перегрузка ПС, появляется необходимость в завышении мощности трансформаторов и сечений проводников. Для уменьшения РМ применяются конденсаторные установки. Использование КУ дает возможность сократить потребляемую РМ, добиться сбережения электроэнергии и экономического эффекта. КРМ предусматривается на СШ 0,4 кВ подстанции ТП 6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района» [6], [13].

«Установка КУ дает возможность повысить напряжение на СШ до номинальных величин, которые предписаны стандартами. Это дает возможность отказываться от устройств регулирования напряжения со стороны потребителей» [6], [13].

«Для выбора КУ должны быть известны:

- расчетная реактивная мощность КУ;

- тип КУ;

- напряжение КУ» [6].

«Мощность КУ выбирается с учетом приказа Минэнерго РФ №380 от 23.06.2015 г., согласно которому устанавливается рекомендуемый коэффициент мощности на шинах НН подстанции ТП 6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района ($tg\varphi_{\text{рек.}}$). Так как подстанция ТП 6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района подключена по ВЛ 6 кВ, соответственно напряжение системы 6 кВ, то $tg\varphi_{\text{рек}} = 0{,}4$» [3].

Минимальная мощность КУ равна [15]:

$$Q_{\text{ку}} = \left(P_{\text{рΣ}} + P_{\text{осв}}\right) \cdot (tg\varphi_{\text{факт}} - tg\varphi_{\text{рек}}), \tag{5}$$

где $P_{\text{рΣ}}$ – активная мощность силовых потребителей на СШ 0,4 кВ ТП 6/0,4 кВ №10/2, $P_{\text{рΣ}} = 563{,}4$ кВт;

$P_{\text{осв}}$ – суммарная активная мощность системы освещения села Косшагыл, $P_{\text{рΣ}} = 36{,}64$ кВт;

$tg\varphi_{\text{факт}}$ – фактический коэффициент мощности на СШ ВН до установки КУ [18];

$$tg\varphi_{\text{факт}} = (Q_{\text{рΣ}} + Q_{\text{осв}}) / \left(P_{\text{рΣ}} + P_{\text{осв}}\right), \tag{6}$$

$$tg\varphi_{\text{факт}} = \left(256{,}4 + 9{,}2\right) / \left(563{,}4 + 36{,}64\right) = 0{,}442,$$

где $tg\varphi_{\text{рек}}$ – рекомендуемый энергосистемой коэффициент мощности, равный для электросетей 6 кВ $tg\varphi_{\text{рек}} = 0{,}4$ [3].

$$Q_{\text{ку}} \approx (563{,}4 + 36{,}64) \cdot (0{,}442 - 0{,}4) = 25{,}2 \text{ кВар}.$$

На основании расчетной мощности к установке следует принять КУ УКМ58-0,38-100-25 УЗ, ступень регулирования которых необходимо выставить на 25 кВар. Характеристики выбранных КУ сведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики выбранных КУ [24]

Параметры	Значения
Тип КУ	УКМ58-0,69-100-25 У3
Номинальная мощность	100 кВар
Шаг регулировки	25 кВар
Номинальный ток	144,3 А
Сечение медного питающего кабеля, мм^2	3х70

Реактивная мощность на СШ 0,4 кВ ТП равна [16, 23]

$$Q_{\text{р.сКУ}} = (Q_{\text{р}\Sigma} + Q_{\text{осв}}) - Q_{\text{КУ}}, \quad (7)$$

$$Q_{\text{р.сКУ.}} = 256{,}4 + 9{,}2 - 1 \cdot 25 = 240{,}6 \text{ кВар},$$

После установки КУ коэффициент мощности на СШ 0,4 кВ ТП составляет

$$tg\varphi = 240{,}6 / \left(563{,}4 + 36{,}64\right) = 0{,}400,$$

что соответствует максимальной допустимой величине, на основании чего можно сделать вывод, что выбор КУ выполнен верно.

«Полная расчетная мощность силовой нагрузки определяется по формуле» [10]:

$$S_{\text{р.ц.}} = \sqrt{(P_{\text{р}\Sigma} + P_{\text{осв}})^2 + Q_{\text{р.сКУ}}^2}, \quad (8)$$

$$S_{\text{р.ц..}} = \sqrt{(563{,}4 + 36{,}64)^2 + 240{,}6^2} = 646{,}5 \text{ кВА}.$$

«Полный расчетный ток силовой нагрузки» [10]:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (9)$$

$$I_{\text{р}} = \frac{646,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 983,4 \text{ А}.$$

«Трансформаторы относятся к основному оборудованию и правильный технически и экономически обоснованный выбор их типа, числа и мощности необходим для рационального электроснабжения электроэнергии» [22].

Для питания электроприемников села Косшагыл Жылыойского района, в том числе и реконструируемой системы уличного освещения данного населенного пункта, достаточно одного источника питания, так как данное село относится к потребителям третьей категории согласно ПУЭ, поэтому применяется однотрансформаторная ТП.

Также, стоит отметить, что «у обслуживающей организации есть резервные трансформаторы, и в случае невозможности выполнения ремонта трансформатора в течение двадцати четырёх часов он будет заменен на новый для обеспечения потребителей электроэнергией в соответствии с договором технологического присоединения» [22].

Номинальная мощность трансформаторов вычисляется из условия [12]:

$$S_{\text{н.тр.}} = \frac{S_{\text{р}}}{K_{\text{д}}}, \tag{10}$$

где $К_{д.}$ – допустимый коэффициент загрузки трансформатора,

при однотрансформаторной КТП $К_{д.} = 0,9$;

$$S_{\text{н.тр.}} = \frac{646,5}{0,9} = 718,3 \text{ кВА}.$$

Принимается силовой трансформатор марки ТМГ – 1000/6/0,4 УХЛ1, производства Минского электротехнического завода им. В.И. Козлова.

Фактический коэффициент загрузки трансформатора определяется по формуле [15]:

$$K_{з} = \frac{S_{р}}{n \cdot S_{н.тр.}}, \quad (11)$$

где n – число трансформаторов, n = 1 шт.

$$K_{з} = \frac{646,5}{1 \cdot 1000} = 0,65 < 0,9.$$

Откуда можно сделать вывод, что выбранные трансформаторы можно применять для электроснабжения села Косшагыл, в том числе и питания системы освещения данного населенного пункта. Параметры силового трансформатора даны в таблице 4.

Таблица 4 - Технические характеристики трансформатора ТМГ – 1000/6/0,4 УХЛ1 [6]

Технические характеристики	Величина
Наименование трансформатора	ТМГ-1000/6/0,4 УХЛ1
Напряжение первичной обмотки ВН, кВ	6
Напряжение вторичной обмотки НН, кВ	0,4
Номинальная частота, Гц	50
Потери ХХ, кВт	1,55
Потери КЗ, кВт	10,2
Мощность, кВА	1000
Ток ХХ, %	2
Напряжение КЗ, %	5,5
Габариты, ДхШхВ мм	2000 х 1250 х 2100
Полная масса, кг	2890

2.4 Выбор проводников и арматуры для подвеса проводов

Распределительная сеть системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района от КТП выполнена проводом марки СИП, которые прокладываются на столбах.

Сечение СИП выбирается по длительно допустимому току по условию нагрева.

$$I_{\text{р}} \leq I_{\text{д}}, \tag{12}$$

где $I_{\text{д}}$ – длительно допустимый ток кабеля;

$I_{\text{р}}$ – расчетный ток ЛЭП.

$$I_{\text{р}} = \frac{P_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot cos\varphi \cdot U_{\text{н}}}; \tag{13}$$

где $P_{\text{н}}$ – номинальная мощность линии освещения, кВт;

$cos\varphi$ – коэффициент мощности [9];

$U_{\text{н}}$ – номинальное напряжение, кВ.

$$I_{\text{р}} = \frac{10,88}{\sqrt{3} \cdot 0,92 \cdot 0,38} = 17,06 \text{ А}.$$

Например, для питания улицы с въезда в с. Косшагыл до ул. М. Толебаева с рабочим током 17,06 А выбирается провод СИП2-3х16+1х25 мм^2 с длительным допустимым током 100 А [2], [8], [9].

$$I_{\text{р}} = 17,06 \text{ А} \leq I_{\text{д}} = 100 \text{ А} \text{ - верно}.$$

«Выбранные провода необходимо согласовать с током теплового расцепителя автоматического выключателя, который защищает данный провод» [2] по формуле

$$I_{\text{д.}} \geq I_{\text{т.р.}}. \tag{14}$$

Например, для защиты провода улицы с въезда в с. Косшагыл до ул. М. Толебаева применяется автоматический выключатель с током теплового расцепителя 25 А. Выполняется условие:

$$I_{\text{д.д}} = 100 \text{ А} \geq I_{\text{т.р.}} = 25 \text{ А}.$$

На основе полученного результата можно сделать вывод, что провод выбран верно.

Потери напряжения сети уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района определяются по формуле:

$$\Delta U = \frac{P \cdot l}{C \cdot F}, \quad (15)$$

где P – активная мощность, кВ;

l – длина ЛЭП, м;

F – сечение проводника, мм^2;

C – коэффициент, C = 46 кВт · м / мм^2.

Для провода от ТП-6/0,4 кВ №10/2 до улицы с въезда в с. Косшагыл до ул. М. Толебаева:

$$\Delta U = \frac{10{,}88 \cdot 2175}{46 \cdot 16} = 32{,}2\ \% > 5\%.$$

Делаем вывод, что выбранный провод применять нельзя и необходимо использовать провод большего сечения.

Применяем провод СИП2-3х120+1х95 мм^2, тогда потери напряжения в данной линии составляют

$$\Delta U = \frac{10{,}88 \cdot 2175}{46 \cdot 120} = 4{,}3\ \% < 5\%.$$

Очевидно, что теперь выбранный провод удовлетворяет нормативному условию.

Выбор проводников системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Выбор проводников системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района

Потребитель				$I_{т.р.}$, А	Проводник			
Наименование	$P_{ном}$, кВт	$P_р$, кВт	$I_{ном}$, А		Марка	$I_{дд}$, А	Длина, м	ΔU, %
Улица с въезда в с. Косшагыл до ул. М. Толебаева	10,88	10,88	17,06	25	СИП2-3х120+1х95 мм^2	340	2175	4,3
Улица Сатпаева	2,8	2,8	4,39	10	СИП2-3х16+1х25мм2	100	575	2,2
Улица с магазина «Жайнагуль» до НПС	2,4	2,4	3,76	10	СИП2-3х16+1х25мм2	100	525	1,7
Улица с магазина «Жайнагуль» до ул. Толтыр	5,76	5,76	9,03	16	СИП2-3х35+1х50 мм^2	160	1225	4,4
Улица Желтау	5,68	5,68	8,91	16	СИП2-3х35+1х50 мм^2	160	1125	4,0
Улица Абылайхана	5,52	5,52	8,66	16	СИП2-3х35+1х50 мм^2	160	1075	3,7
Улица О.Жандосова	3,6	3,6	5,65	10	СИП2-3х16+1х25мм2	100	775	3,8

Для каждой промежуточной опоры линии освещения применяется следующая арматура:

- Крюк сквозной SOT 21.116 шт. 1
- Зажим поддерживающий SO 130.02 шт. 1
- Зажим прокалывающий SLIP 22.127 шт. 1
- Плашечный зажим SM 2.21 шт. 1
- Медный провод неизолированный МГ 16 м. 0,5

Для каждой анкерной опоры линии освещения применяется следующая арматура:

- Крюк сквозной SOT 21.01 – 1 шт.;

- Крюк накручивающийся PD 2.2 – 1 шт.;
- Крюк бандажный SOT 29 – 1 шт.;
- Бандажная лента СОТ 37 – 3 м;
- Скрепа СОТ 36 – 2 шт.;
- Зажим поддерживающий SOT 130.02 – 1 шт.;
- Зажим анкерный SO 234s – 2 шт.;
- Зажим прокалывающий SLIP 22.1 – 4 шт.;
- Зажим прокалывающий SLIP 22.127 – 1 шт.;
- Плашечный зажим SM 2.21 – 1 шт.;
- Медный провод неизолир. МГ 16 – 0,5 м;
- Зажим плашечный ПС 1-1 – 1 шт.;
- Заземляющий проводник 3П 6 – 1 шт.;
- Кронштейн У3 – 1 шт.

Для каждой угловой анкерной опоры УА3 линии освещения применяется следующая арматура:

- Стойка СВ95-2 – 2 шт.;
- Крюк сквозной SOT 21.01 – 1 шт.;
- Крюк накручивающийся PD 2.2 – 1 шт.;
- Крюк бандажный SOT 29 – 1 шт.;
- Бандажная лента СОТ 37 – 3 м;
- Скрепа СОТ 36 – 2 шт.;
- Зажим поддерживающий SOT 130.02 – 1 шт.;
- Зажим анкерный SO 234s – 2 шт.;
- Зажим прокалывающий SLIP 22.1 – 4 шт.;
- Зажим прокалывающий SLIP 22.127 – 1 шт.;
- Плашечный зажим SM 2.21 – 1 шт.;
- Медный провод неизолир. МГ 16 – 0,5 м;
- Зажим плашечный ПС 1-1 – 1 шт.;
- Заземляющий проводник 3П 6 – 1 шт.;
- Кронштейн У3 – 1 шт.

2.5 Расчет токов короткого замыкания

Выполняется расчет тока КЗ на СШ 0,4 кВ ТП 6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района.

Расчетная схема электрической сети для расчета тока КЗ на СШ 0,4 кВ ТП 6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл показана на рисунке 4.

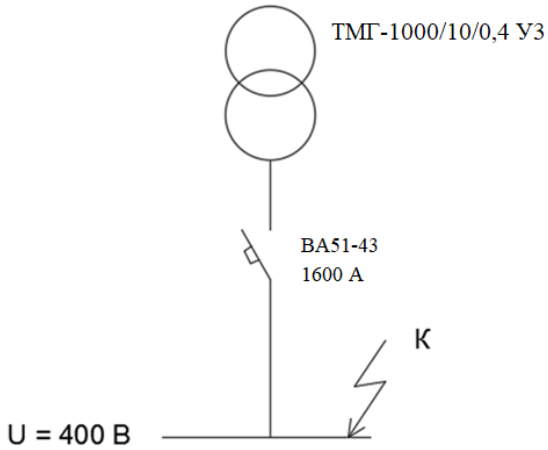

Рисунок 4 – Расчетная схема электрической сети для расчета тока КЗ на СШ 0,4 кВ ТП 6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района

«На расчетной схеме необходимо указать все параметры, которые влияют на значение токов КЗ (напряжение на СШ, на которых рассчитывается ток КЗ, параметры оборудования) и расчетные точки, в которых нужно вычислить ток КЗ. Ток КЗ при разработке проекта реконструкции системы уличного освещения села Косшагыл необходимо определять только на СШ 0,4 кВ» [4].

На схеме отмечается точка КЗ, вычисляется ток в данной точке. Схема замещения сети дана на рисунке 5.

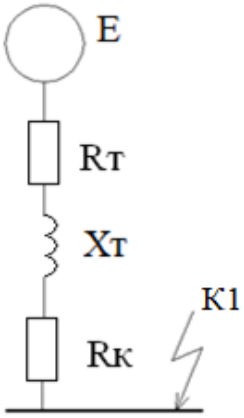

Рисунок 5 – Схема замещения сети

Суммарное сопротивление в точке К1.

«Сопротивление энергосистемы до силового трансформатора принимается равным нулю, вследствие его малости относительно сопротивления трансформатора ТП и элементов сети 0,4 кВ. В сети напряжением ниже 1000 В следует учитывать и индуктивные и активные сопротивления» [4].

Полное сопротивление трансформатора ТП-6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района [4]:

$$z_{\text{Т}} = \frac{U_{\text{кз}}}{100} \cdot \frac{S_{\text{б}}}{S_{\text{НТ}}}, \tag{16}$$

где $S_{\text{Б}}$ – базисная мощность, $S_{\text{Б}}$ = 1000 МВА;

$$z_{\text{Т}} = \frac{5{,}5}{100} \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{1000} = 55{,}0 \text{ о. е.}$$

Активное сопротивление трансформатора ТП-6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района [4]

$$r_{\text{Т}} = \Delta P_{\text{КЗ}} \cdot \frac{S_{\text{Б}}}{S_{\text{НТ}}^2}, \tag{17}$$

$$r_{\text{Т}} = 10{,}2 \cdot \frac{1000 \cdot 10^3}{1000^2} = 10{,}2 \text{ о. е.};$$

индуктивное сопротивление трансформатора ТП-6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района [4]

$$\text{x}_{\text{Т}} = \sqrt{z_{\text{Т}}^2 - r_{\text{Т}}^2}, \tag{18}$$

$$\text{x}_{\text{Т}} = \sqrt{55{,}0^2 - 10{,}2^2} = 54{,}0 \text{ о. е.}$$

Согласно [4] для РУ ТП-6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района переходное сопротивление контактов равно $r_{\text{К}}$=0,015 Ом. Тогда в относительных единицах оно составляет:

$$r_{\text{К}*} = \frac{r_{\text{К}}}{r_{\text{Б}}} = r_{\text{К}} \cdot \frac{S_{\text{Б}}}{U_{\text{Б}}^2}, \tag{19}$$

$$r_{\text{К}*} = 0{,}015 \cdot \frac{1000}{0{,}4^2} = 93{,}75 \text{ о. е.}$$

Суммарное активное сопротивление

$$r_{\Sigma} = r_{\text{Т}} + r_{\text{К}}; \tag{20}$$

$$r_{\Sigma} = 10{,}2 + 93{,}75 = 103{,}95 \text{ о.е.}$$

Суммарное индуктивное сопротивление

$$x_{\Sigma} = x_{\text{Т}} = 54{,}0. \tag{21}$$

Полное сопротивление

$$z_{\Sigma} = \sqrt{x_{\Sigma}^2 + r_{\Sigma}^2}, \tag{22}$$

$$z_{\Sigma} = \sqrt{54{,}0^2 + 103{,}95^2} = 117{,}1 \text{ о. е.}$$

Мощность КЗ в точке К1, которая расположена на СШ 0,4 кВ ТП 6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района:

$$S_{\text{КЗ1}} = S_{\text{Б}} / z_{\Sigma}, \tag{23}$$

где $S_{\text{Б}}$ – базисная мощность,

$$S_{\text{КЗ1}} = 1000 \ / \ 117{,}1 = \ 8{,}5 \text{ МВА}.$$

Ток КЗ на СШ 0,4 кВ ТП-6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района определяется по выражению [4]:

$$I_{\text{К1}} = \frac{S_{\text{КЗ1}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Б}}}, \tag{24}$$

$$\text{I}_{\text{К1}} \ = \frac{8{,}5}{\sqrt{3} \cdot 0{,}4} = 12{,}9 \text{ кА}.$$

2.6 Выбор шкафов управления освещением

В настоящее время осуществить экономное электропотребление системой освещения объекта без применения автоматизированного управления им – невозможно. Автоматизированная система наружного освещения (АСУНО) «Гелиос» имеет приемлемые для такого потребителя как село Косшагыл характеристики.

«АСУНО «Гелиос» – аппаратно-программный комплекс, позволяющий контролировать состояние сетей наружного освещения, организовывать учет электроэнергии и осуществлять диагностику оборудования» [2], [6].

«Внедрение АСУНО «Гелиос» обеспечивает:

- рациональное использование электрической энергии и адресное управление каждым светильником с возможностью объединять их в группы;

- гибкое управление режимами освещения (позволяет регулировать освещенность каждого отдельного осветительного прибора в зависимости от уровня естественной освещенности;

- повышение уровня оперативно-диспетчерского контроля;

- дистанционный контроль сетей наружного электроосвещения;

- планирование потребления электрической энергии;

- снижение затрат на потребление электроэнергии до 50%» [2], [6].

Схема управления уличным освещением приведена на рисунке 6.

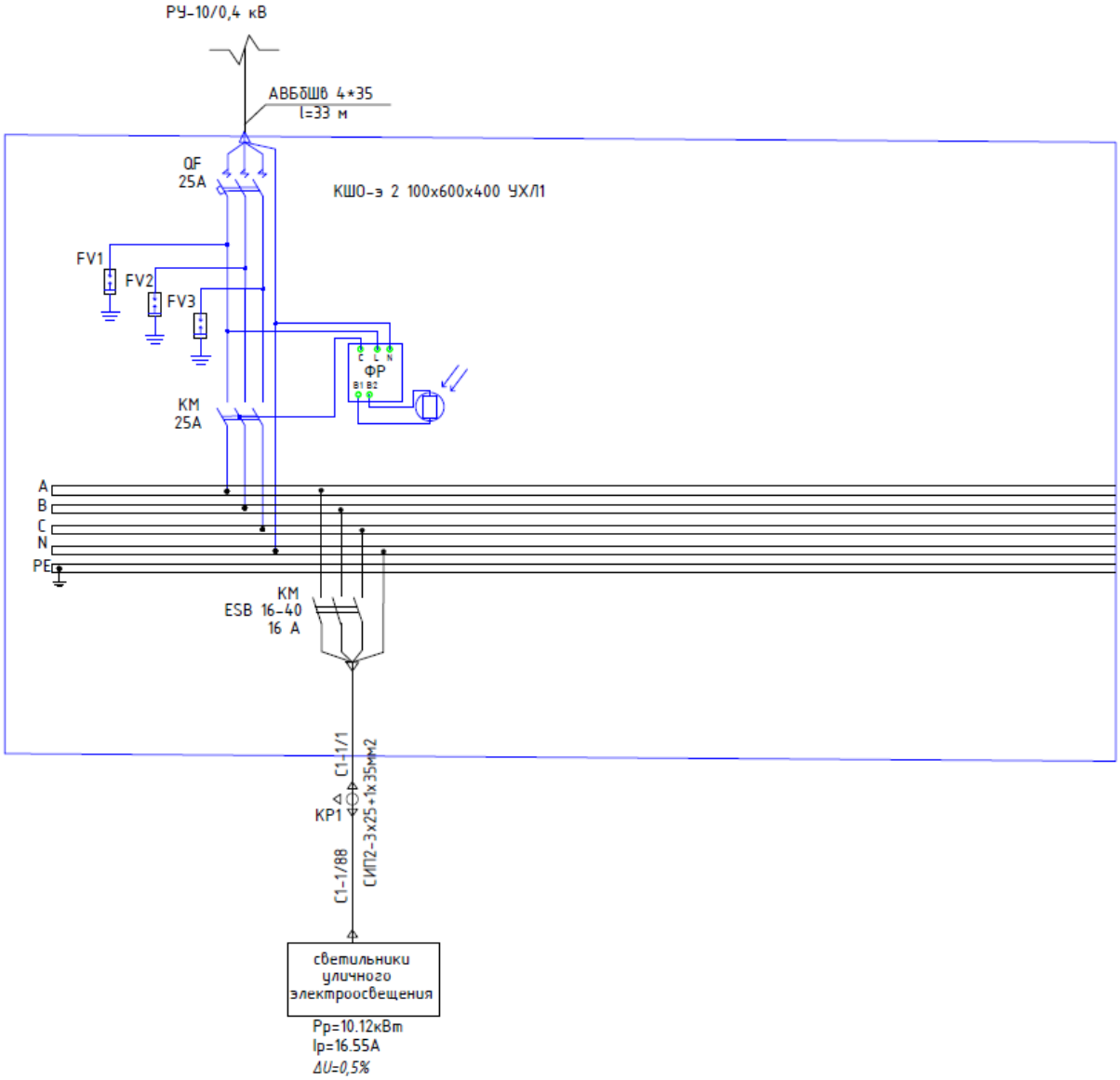

Рисунок 6 – Схема управления уличным освещением

Выводы к разделу 2

В данном разделе ВКР произведен расчет, выбор и проверка электрооборудования для системы освещения села Косшагыл. Выбраны светильники для реконструкции системы уличного освещения села Косшагыл – светодиодные светильники NITEOS «LIRA» 80 Вт. Приведены параметры данных светильников, а также указаны преимущества применения светодиодного освещения в целом. Выполнен расчет ожидаемых электрических нагрузок линий освещения села Косшагыл Жылыойского района. Суммарная активная мощность системы освещения составляет 36,64 кВт, полная мощность системы освещения составляет 37,77 кВА. Выполнена проверка силовых трансформаторов. Принимается к установке КУ УКМ58-0,38-100-25 УЗ. Мощности КУ устанавливается на 25 кВар. Принимается силовой трансформатор ТМГ – 1000/6/0,4 УХЛ1 с номинальной мощностью 1000 кВА. Из расчетов видно, что трансформаторы удовлетворяют условиям загрузки. Произведен выбор проводников и арматуры для подвеса проводов. Выбраны провода СИП2-3х16+1х25 мм^2, СИП2-3х35+1х50 мм^2, СИП2-3х120+1х95 мм^2. Арматура для подвеса проводов выбрана для каждого различного типа опор – промежуточной опоры линии, для анкерной опоры линии и для угловой анкерной опоры УА3. Рассчитан ток КЗ на стороне 0,4 кВ ТП 6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района, который составляет 12,9 кА. Выбраны шкафы управления освещением. Для управления системой наружного освещения села Косшагыл применяется Автоматизированная система управления наружным освещением АСУНО «Гелиос». Приведена схема управления уличным освещением.

3 Расчет заземления опор и трансформаторной подстанции

а) Расчет защитного заземления ТП 6/0,4 кВ №10/2

«ЗУ ТП 6/0,4 кВ №10/2 принимается общим для РУ 6 кВ и 0,4 кВ. ЗУ выполняется углублёнными электродами из полосовой стали 4х40 мм, которая укладывается на дно траншеи по периметру фундамента КТП на расстоянии не меньше 0,3 м от фундамента, а также вертикальными заземлителями, расположенные вокруг здания ТП и связанные между собой и с углубленным контуром полосовой сталью 4х40 мм. Соединение внутреннего контура заземления ТП с наружным осуществляется в двух местах полосовой сталью 4х40 мм» [5], [16].

«Заземлители наружного контура заземления забиваются в землю экскаватором, верхний срез заземлителей располагается на глубине 700 мм от поверхности земли. Горизонтальный заземлитель прокладывается на глубине 700 мм» [5], [16].

Вертикальные заземлители - стальная труба, диаметр которой составляет

$$d = 16 \text{ мм}.$$

Длина вертикального заземлителя составляет

$$L = 5 \text{ м}.$$

На рисунке 7 приведено размещение вертикального заземлителя в грунте.

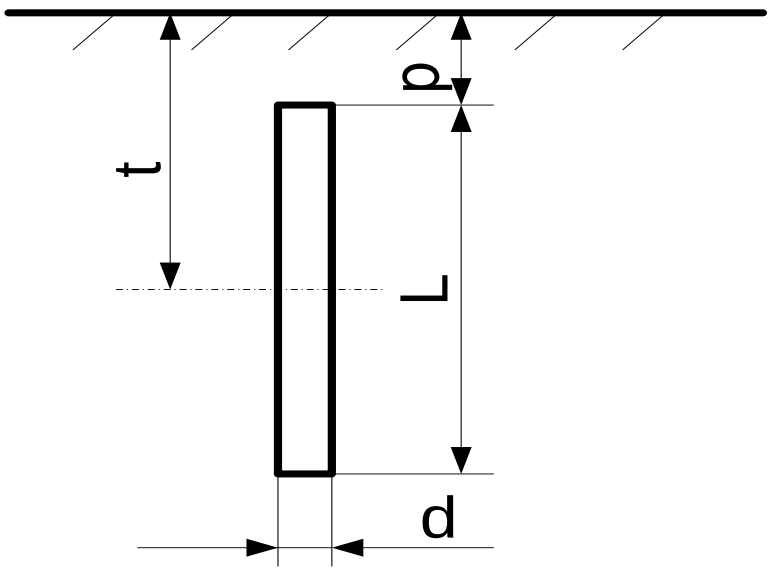

Рисунок 7 – Схема расположения размещения вертикального заземлителя в грунте

«Сопротивление растеканию одного вертикального заземлителя находится как

$$R_{\text{В.Э.}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot \left(ln\frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot ln\frac{4 \cdot t + L}{4 \cdot t - L} \right); \quad (25)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта,

для суглинка $\rho = 100$ Ом·м» [5], [14].

«Размер L равен:

$$t = \frac{L}{2} + p; \quad (26)$$

где p – глубина, на которой располагается вертикальный заземлитель в земле, $p = 0{,}7$ м» [5], [14]:

$$t = \frac{5}{2} + 0{,}7 = 3{,}2 \text{ м};$$

$$R_{\text{В.Э.}} = \frac{100}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 5} \cdot \left(ln \frac{2 \cdot 5}{0{,}016} + \frac{1}{2} \cdot ln \frac{4 \cdot 3{,}2 + 5}{4 \cdot 3{,}2 - 5} \right) = 21{,}805 \text{ Ом}.$$

«Суммарное сопротивление части ЗУ, которые состоят из вертикальных заземлителей, которые электрически связаны между собой, без учета сопротивления горизонтального электрода» [5], [16]:

$$R_{\text{ЗВ}} = \frac{R_{\text{В.Э.}}}{n \cdot \text{К}_{\text{ИВ}}}; \quad (27)$$

где n – число вертикальных заземлителей, $n = 6$;

$\text{К}_{\text{ИВ}}$ – коэффициент использования вертикальных заземлителей.

«Коэффициент $\text{К}_{\text{ИВ}}$ определяем исходя из количества вертикальных заземлителей (n) и отношения расстояния между вертикальными заземлителями к их длине (a/L). Расстояние между вертикальными заземлителями равно $a_{max} = 9260$ м» [5], [14].

При числе вертикальных заземлителей

$$n = 6,$$

и отношении

$$a / L = 9260 / 5000 = 1{,}852,$$

получаем

$$K_{\text{ИВ}} = 0{,}71 \quad [5], [14].$$

Тогда

$$R_{\text{ЗВ}} = \frac{21{,}805}{6 \cdot 0{,}71} = 5{,}118 \text{ Ом}.$$

Сопротивление растеканию горизонтального заземлителя равно [5]:

$$R_{\text{З.Г.внеш.}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot ln \frac{2 \cdot L^2_{\text{ГЭвнеш}}}{b \cdot m}; \quad (28)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$L_{\text{ГЭвнеш}}$ – длина горизонтального электрода внешнего контура заземления, м.

Длина горизонтального электрода

$$L_{\text{ГЭ}} = (9{,}26 + 14{,}02) \cdot 2 = 46{,}56 \text{ м},$$

где b – ширина полосы, $\text{b} = 0{,}04$ м;

m – глубина заложения горизонтального заземлителя в землю,

$m = 0{,}7$ м.

Схема расположения горизонтального заземлителя в грунте приведена на рисунке 8.

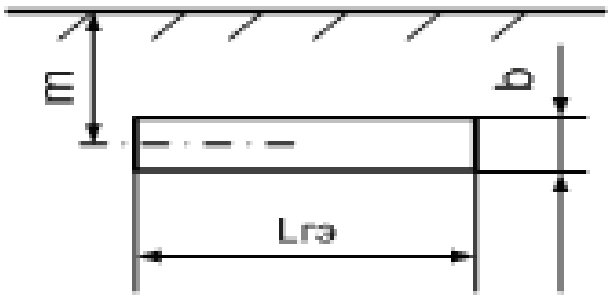

Рисунок 8 – Схема расположения горизонтального заземлителя в грунте

$$R_{\text{З.Г.внеш.}} = \frac{100}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 46{,}56} \cdot ln \frac{2 \cdot 46{,}56^2}{0{,}04 \cdot 0{,}7} = 4{,}085 \text{ Ом}.$$

Согласно [5], [14], $К_{ИВ}$=0,48.

$$R^{\text{экр}}_{\text{З.Г.внеш.}} = \frac{R_{\text{З.Г.внеш.}}}{К_{ИВ}}; \quad (29)$$

$$R^{\text{экр}}_{\text{З.Г.внеш.}} = \frac{4{,}085}{0{,}48} = 8{,}51 \text{ Ом}.$$

Сопротивление горизонтального заземлителя внутреннего контура заземления [5]:

$$R^{\text{внутр}}_{\text{З.Г.}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot L} \cdot ln \frac{2 \cdot L^2_{\text{ГЭвнутр.}}}{b \cdot m}; \quad (30)$$

где ρ – удельное сопротивление грунта, Ом·м;

$L_{\text{ГЭвнутр}}$ – длина горизонтального заземлителя внутреннего контура заземления, $L_{\text{ГЭвнутр}} = 34$ м.

$$R^{\text{внутр}}_{\text{З.Г.}} = \frac{100}{2 \cdot 3{,}14 \cdot 34} \cdot ln \frac{2 \cdot 34^2}{0{,}04 \cdot 0{,}7} = 5{,}3 \text{ Ом}.$$

Суммарное сопротивление горизонтальных заземлителей:

$$R_{\text{З.Г.}\Sigma} = \frac{R^{\text{экр}}_{\text{З.Г.внеш.}} \cdot R^{\text{внутр}}_{\text{З.Г.}}}{R^{\text{экр}}_{\text{З.Г.внеш.}} + R^{\text{внутр}}_{\text{З.Г.}}}; \quad (31)$$

$$R_{\text{З.Г.}\Sigma} = \frac{8{,}51 \cdot 5{,}3}{8{,}51 + 5{,}3} = 3{,}266 \text{ Ом}.$$

Полное сопротивление растеканию ЗУ с учётом горизонтальных заземлителей и вертикальных заземлителей:

$$R_{З.Г.\Sigma} = \frac{R_{З.В.} \cdot R_{З.Г.\Sigma}}{R_{З.В.} + R_{З.Г.\Sigma}}; \quad (32)$$

$$R_{З.Г.\Sigma} = \frac{5{,}118 \cdot 3{,}266}{5{,}118 + 3{,}266} = 1{,}994 \text{ Ом}.$$

Согласно ПУЭ «сопротивление растеканию ЗУ в электросетях до 10 кВ не должно составлять больше 4 Ом» [9].

Данное условие выполняется:

$$R_{З.Г.\Sigma} = 1{,}994 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}.$$

Соответственно, можно сделать вывод, что установленных заземлителей на ТП села Косшагыл Жылыойского района достаточно.

б) Заземление опор

Схема заземления опор уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района показана на рисунке 9.

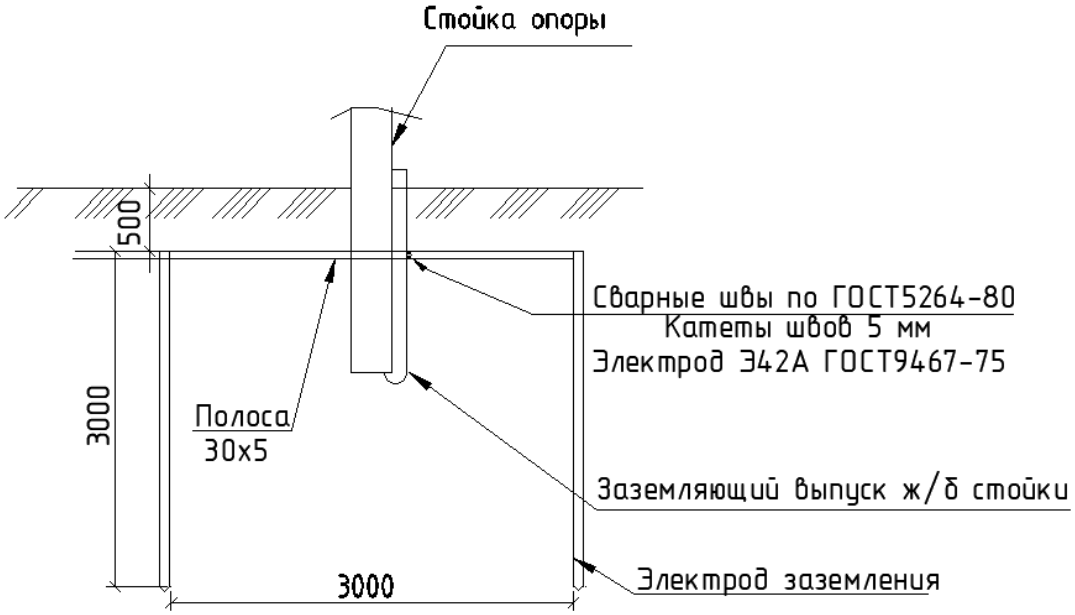

Рисунок 9 – Схема заземления опор уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района

Как видно из рисунка 9 заземление каждой опоры выполняется двумя вертикальными электродами, выполненными из стали круглой диаметром 18 мм и длиной 3000 мм.

Заземляющий выпуск железобетонной стойки опоры приваривается к наружным заземлителям швом, длиной 5 мм, который должен выполняться согласно ГОСТ5264-80.

Выводы к разделу 3

В данном разделе ВКР рассчитано заземление трансформаторной подстанции села Косшагыл Жылыойского района и заземления опор уличного освещения. Сделан вывод, что установленных заземлителей на трансформаторной подстанции достаточно. Заземление каждой опоры выполняется двумя вертикальными электродами, выполненными из стали круглой диаметром 18 мм и длиной 3000 мм.

4 Технология и организация реконструкции системы уличного освещения

Настоящий раздел выполнен с учетом специфики проектирования и строительства, сооружаемых строительно-монтажными организациями Минэнерго РК.

Строительно-монтажные работы по сооружению предусматривается выполнить силами специализированных организации, оснащенной необходимыми строительными машинами и механизмами для производства строительных и монтажных работ.

«Перед началом реконструкции должны быть выполнены работы по подготовке территории: убраны деревья с трассы, обрезаны мешающие ветки, переустроены сооружения, мешающие строительству, демонтированы действующие непригодные к дальнейшей эксплуатации линии» [21].

«При производстве всего комплекса СМР должно быть обеспечено выполнение мероприятий по организации безопасной работы с применением механизмов, грузоподъемных машин, транспортных средств, работ на высоте и других технологических операций» [21].

а) Расчет продолжительности строительства

Исходные данные – Реконструкция освещения для улиц в селе Косшагыл Жылыойского района, протяженностью электропередачи 7,119 км.

Согласно, Общих положений СП РК 1.03-102-2014 «Продолжительность строительства и задел в строительстве предприятий, зданий и сооружений. Часть 2», раздел «Электроснабжение» пункт 23- «Воздушная линия электропередачи», рассчитываем продолжительность реконструкции освещения методом интерполяции.

Согласно СП РК 1.03-102-2014 продолжительность строительства пяти километров электропередачи будет длиться один месяц, 15 километров – два месяца.

Тогда по формуле интерполяции:

$$T = T_{min} + ((T_{max}-T_{min})/(П_{max}-П_{min}))\times(П_{н}-П_{min}), \quad (33)$$

$$T = 1+((2-1)/(15-5))\times(7{,}119-5)=1{,}3 \text{ мес.}$$

Расчет продолжительности строительства показан в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет продолжительности строительства

Показатели	Объекты
	«Реконструкция освещения для улиц в селе Косшагыл Жылыойского района»
Максимальная численность рабочих	25
Затраты труда на выполнение строительно-монтажных работ, чел.-ч, в том числе	5809
Продолжительность строительных работ	1,3 мес

б) Общая организация строительства. Основные принципы организации строительства

«Началу строительства объекта предшествует выполнение организационно-технических мероприятий, направленных на плановое развертывание и ведение строительно-монтажных работ. В период организационно-технической подготовки Заказчик решает вопросы финансирования, размещает заказы на поставку технического оборудования и материалов. Строительство объекта будет осуществляться в два периода: подготовительный и основной» [18].

В подготовительный период на площадке выполняются следующие виды работ:

- расчистка стройплощадки;
- создание геодезической основы;
- противопожарные мероприятия;
- завоз стройматериалов, обеспечение инвентарем.

Основной период строительства охватывает все виды работ, связанные с реконструкцией уличного освещения, монтажом оборудования.

Для обеспечения строительными материалами, казахстанскими и российскими предприятиями - поставщиками заключаются договора-поставки с одновременным включением в план перевозок по железной и автомобильной дорогам соответствующих передвижных средств.

Работы должны выполняться специализированной строительной организацией, располагающей необходимыми механизмами для прокладки сетей электроснабжения.

в) Методы производства основных строительно-монтажных работ

«До начала выполнения работ, в т.ч. и подготовительных, заказчик должен оформить и отвести в натуре территорию для строительства, получить в установленном порядке разрешение на выполнение строительно-монтажных работ, обеспечить подачу электроэнергии. Разрешение на строительство выдается органом местного самоуправления в месячный срок со дня письменного обращения заказчика и при наличии следующих документов:

- заявление заинтересованного юридического (физического) лица,
- документы, удостоверяющие право лица на земельный участок,
- предполагаемые сроки начала строительства,
- утвержденная проектно-сметная документация» [18].

«Разрешение подлежит регистрации, равно как и утвержденная проектно-сметная документация. Кроме разрешения на строительство и лицензии на выполнение строительно-монтажных работ необходимо получить также разрешение на выполнение строительно-монтажных работ, которое выдается заказчику на основании решения территориальных органов исполнительной власти (ГАСК Казахстана, органы архитектуры и градостроительства)» [18].

На территории производства работ бригаду обслуживает ежедневно автомобиль типа фургон, в котором имеется аптечка для оказания первой медицинской помощи, туалет, установка с питьевой водой, место для обогрева рабочих и принятия пищи. При производстве работ

предусматривается установить технические средства организации дорожного движения. Территория площадки строительства в темное время освещается. Перед проведением монтажных работ проводится инструктаж всех работников, принимающих участие в работах, о персональных обязанностях и технике безопасности. Монтаж должен выполняться специализированной монтажной организацией. Перед производством работ необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- геодезическая разбивка трассы с выносом и закреплением оси и основных узловых точках;

- предварительная вертикальная планировка;

- уточнение местоположения существующих коммуникаций шурфованием;

- устройство бытового городка с санитарно-бытовыми помещениями с обеспечением мер противопожарной безопасности;

- согласование порядка проведения строительно-монтажных работ на пересечениях с проезжей частью улицы;

- заготовка необходимого количества материалов.

г) Геодезическая разбивка

«Создание геодезической разбивочной основы для строительства выполняется в подготовительный период. К началу производства геодезических работ соответствующие участки линейного объекта должны быть освобождены. Для закладки реперов и знаков, должны быть подготовлены свободные места. Для измерения линий и углов должны быть расчищены полосы шириной не менее 1 м» [19].

Геодезическая разбивочная основа на объекте разделяется на плановую и высотную. Проект плановой геодезической разбивочной основы составляется от ближайшего репера. Геодезическая плановая разбивочная основа создается в виде строительной сетки методом микротриангуляции. Строительная сетка разбивается в виде квадратов. Точность разбивки строительной сетки должна соответствовать величинам допускаемых

средних квадратических погрешностей. Разбивочные работы по линейным инженерным сооружениям (трубопроводы, линии электропередач, связи т.д.) заключаются в закреплении на местности через определенные интервалы проектного положения трассы.

Планово-высотная привязка трассы производится от пунктов полигонометрии, строительной сетки, реперов. Вынесенная и закрепленная на местности геодезическими знаками (пикетаж, вершины углов поворота, оси искусственных сооружений, границы полосы отвода) трасса наносится на схему и оформляется актом передачи заказчику.

д) Подготовительные работы

«До начала производства работ следует тщательно ознакомиться с проектно-сметной документацией по данному объекту, а также с инженерно-геологическими и гидрогеологическими условиями строительной площадки» [19].

«Перед производством основных строительно-монтажных работ должны быть выполнены работы подготовительного периода:

- расчистка территории строительной площадки;

- инженерная подготовка территории строительной площадки с первоочередными работами по планировке территории и обеспечению временных стоков поверхностных вод, устройству постоянных или временных внутриплощадочных дорог, прокладка инженерных сетей;

- ограждение территории с устройством ворот и калиток, вывеска паспорта объекта;

- создание общеплощадочного складского хозяйства и площадки укрупненной сборки оборудования и конструкций;

- монтаж инвентарных зданий, механизированных установок временных сооружений для нужд строительства;

- обеспечение строительной площадки противопожарным водоснабжением и инвентарем, средствами связи и сигнализации» [19].

«Подготовительные работы должны технологически увязываться с общим потоком основных строительно-монтажных работ и обеспечивать необходимый фронт работ строительными подразделениями. Завершение подготовительных работ фиксируется в общем журнале работ» [19].

е) Потребность в основных строительных и дорожных машинах и механизмах

Потребность в основных строительных машинах, механизмах определена, исходя из объемов строительно-монтажных работ и технико-экономических показателей машин и механизмов.

Исчисленная потребность в машинах и механизмах приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Исчисленная потребность в машинах и механизмах

Машины и механизмы	Ед.изм.	Кол-во
1	2	3
Автогидроподъемники, высота подъема 12 м	маш.-ч	26,22456
Автогидроподъемники, высота подъема 28 м	маш.-ч	105,938
Автопогрузчики, 5 т	маш.-ч	0,19656
Агрегаты сварочные передвижные с номинальным сварочным током 250-400 А, с дизельным двигателем	маш.-ч	98,38416
Бульдозеры, 96 кВт (130 л.с.)	маш.-ч	0,2077416
Вибратор глубинный	маш.-ч	19,9458
Комплексная монтажная машина для выполнения работ при прокладке и монтаже кабеля на базе автомобиля	маш.-ч	0,95718
Краны башенные, 8 т	маш.-ч	20,4498
Краны на автомобильном ходу, 10 т	маш.-ч	0,8369732
Краны на автомобильном ходу при работе на монтаже технологического оборудования, 10 т	маш.-ч	23,7259
Краны на автомобильном ходу, 16 т	маш.-ч	116,9924
Лебедки электрические тяговым усилием 156,96 кН (16 т)	маш.-ч	5,4252
Домкраты гидравлические, 63 т	маш.-ч	5,4252
Машины бурильно-крановые с глубиной бурения 3,5 м на автомобиле	маш.-ч	302,68
Машины шлифовальные угловые	маш.-ч	0,0133504
Котлы битумные передвижные, 400 л	маш.-ч	0,2184
Тракторы на пневмоколесном ходу, 59 кВт (80 л.с.)	маш.-ч	19,10184
Транспортеры прицепные кабельные ККТ7, до 7 т	маш.-ч	0,95718
Вышки телескопические, 25 м	маш.-ч	536,7
Установки постоянного тока для ручной дуговой сварки	маш.-ч	9,24
Экскаваторы шнекороторные на тракторе, 79 кВт (108 л.с.)	маш.-ч	0,2663167

Продолжение таблицы 7

Машины и механизмы	Ед.изм.	Кол-во
1	2	3
Автомобили бортовые, до 5 т	маш.-ч	15,309524
Автомобили бортовые, до 8 т	маш.-ч	24,09438
Станки для резки арматуры	маш.-ч	0,2469824

е) Потребность в основных строительных материалах и оборудовании

Потребность в строительных конструкциях, деталях, изделиях, полуфабрикатах и материалах приведена в таблице 8.

Таблица 8 – Потребность в строительных конструкциях, деталях, изделиях, полуфабрикатах и материалах

Наименование	Ед. изм.	Количество
1	2	3
Бетон тяжелый класса В12,5, F50, W4	$м^3$	67,116
Бетон тяжелый класса В20 ГОСТ 7473-2010	$м^3$	7,105
Песок природный ГОСТ 8736-93	$м^3$	7,74
Детали закладные и накладные, изготовленные с применением сварки, гнутья, сверления (пробивки) отверстий, поставляемые отдельно ГОСТ 10922-2012	т	3,26116
Провод самонесущий изолированный для воздушных линий электропередачи СИП-2 3х25+1х35-0,6/1,0	км	7,72038
Щиты из досок, толщина 25 мм	$м^2$	46,6648
Сжимы ответвительные	100 шт.	9,455
Вода техническая	$м^3$	0,321048
Сталь арматурная горячекатаная периодического профиля класса А-III (А400) диаметром от 6 до 12 мм СТ РК 2591-2014 (диаметром 10 мм)	т	0,3136
Доски обрезные хвойных пород длиной до 6,5 м, шириной от 75 мм до 150 мм, толщиной 44 мм и более, 3 сорта	$м^3$	0,49924
Электроды, d=4 мм, Э42 ГОСТ 9466-75	т	0,27636
Крюк сквозной SOT21.116 ГОСТ Р 51177-98	шт.	285
Кабели силовые АВБбШв 4х35 (ок)-0,66	км	0,1581
Проволока стальная низкоуглеродистая, обычного качества, термически обработанная, оцинкованная, диаметром 2,5 мм	кг	183,6
Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи медные М сечением 4 мм2	км	4,35845
Провод самонесущий изолированный для воздушных линий электропередачи СИП-2 3х16+1х25-0,6/1,0 ГОСТ Р 52373-2005	км	0,5355
Зажимы поддерживающие с барашком SO130.02	шт.	334

Продолжение таблицы 8

Наименование	Ед. изм.	Количество
1	2	3
Крюк наружного угла PD3.2	шт.	49
Зажимы К-СФ-1 ГОСТ Р 51177-98	шт.	48,564
Лента герметизирующая самоклеящаяся Герлен-Д, ширина 100 мм (сигнальная лента "Осторожно кабель" ЛСЭ-150)	1000 м	0,129
Зажимы анкерные SO234S	шт.	40
Зажимы прокалывающие SL9.21 ГОСТ Р 51177-98	шт.	305
Провода силовые для электрических установок на напряжение до 450 В с алюминиевой жилой АПВ сечением 2,5 мм2	км	3,1415
Ткань мешочная	10 $м^2$	11,1384
Зажимы ответвительные Al-Cu SM2.21	шт.	317
Зажимы прокалывающие SLIP22.127 ГОСТ Р 51177-98	шт.	317
Заземляющий проводник ЗП 6	т	0,037296
Болты строительные с гайками и шайбами ГОСТ 1759.0-87	т	0,032742
Крюк сквозной SOT21.01 ГОСТ Р 51177-98	шт.	20
Проволока горячекатаная обычной точности в мотках из стали СВ-08А диаметром от 6,3 мм до 6,5 мм	кг	27,3
Труба полиэтиленовая для водоснабжения PE 100 SDR 13,6 - 110х8,1 питьевая	м	10,2
Мастика морозостойкая битумно-масляная МБ-50	кг	26,88
Провода неизолированные медные гибкие для электрических установок и антенн марки МГ сечением 16 $мм^2$ ГОСТ 839-80	км	0,1585
Зажимы прокалывающие SLIP22.1 ГОСТ Р 51177-98	шт.	186
Сталь арматурная горячекатаная гладкая класса А-I (А240) диаметром от 6 до 12 мм/10мм/ СТ РК 2591-2014	т	0,02016
Пропан-бутан, смесь техническая ГОСТ Р 52087-2003	кг	18
Известь строительная негашеная комовая, сорт 1, ГОСТ 9179-77	т	0,019656
Крюк сквозной SOT39 ГОСТ Р 51177-98	шт.	24
Гвозди строительные с плоской головкой ГОСТ 283-75	кг	17,3264
Крюк плоский SOT28 ГОСТ Р 51177-98	шт.	20
Тальк молотый 1 сорта ГОСТ 21235-75	т	0,013115
Продолжение Уголок стальной горячекатаный равнополочный из углеродистой стали обыкновенного качества, ширина полки от 40 до 125 мм, толщиной от 2 до 16 мм ГОСТ 535-2005	т	0,0119
Лента бандажная стальная СОТ37 ГОСТ Р 51177-98	м	96
Муфты концевые на напряжение 1 кВ, с болтовыми соединителями, типа 1КнТп-4-35/50-СЛ-нб	шт.	6
Лента липкая изоляционная на поликасиновом компаунде марки ЛСЭПЛ, шириной 20 - 30 мм, толщиной от 0,14 до 0,19 мм	кг	7,93
Соединитель алюминиевых и сталеалюминиевых проводов (СОАС) 062-3	шт.	16,9974
Заземляющий проводник ЗП 6, 2шт	т	0,005328

Продолжение таблицы 8

Наименование	Ед. изм.	Количество
1	2	3
Зажимы соединительные плашечные ПС-1-1	шт.	32
Втулки изолирующие ГОСТ Р 51177-98	шт.	372,1
Лента ПХВ-304	кг	3,66
Кронштейн SO253 ГОСТ Р 51177-98 (У3)	шт.	32
Трубка полихлорвиниловая	кг	3,05
Колпачки изолирующие ГОСТ Р 51177-98	10 шт.	24,4
Прокат сортовой стальной горячекатаный полосовой из углеродистой стали, шириной от 28 до 75 мм, толщиной от 4 до 60 мм ГОСТ 535-2005	т	0,00287
Керосин для технических целей марок КТ-1, КТ-2	т	0,002688
Битумы нефтяные строительные марки БН 90/10	т	0,001792
Роли свинцовые марки С1 толщиной 1,0 мм ГОСТ 89-73	т	0,001448
Бензин авиационный Б-70 ГОСТ 1012-72	т	0,0012
Зажимы анкерные (СИП) SO 158.1 ГОСТ Р 51177-98	шт.	12
Проволока из низкоуглеродистой светлой стали, общего назначения, высшего качества, термически обработанная, диаметром 1,6 мм	кг	1,00128
Краска масляная, цветная марка МА-15	кг	0,9275
Лак битумный БТ-123	кг	0,8262
Смазка защитная ЗЭС	кг	0,8094
Скрепа для ленты СОТ36 ГОСТ Р 51177-98	шт.	52
Патроны для пристрелки	10 шт.	6,448
Дюбели для пристрелки стальные	10 шт.	6,448
Электроды, d=4 мм, Э42А	т	0,00063
Брусья необрезные хвойных пород длиной от 3 м до 6,5 м, любой ширины, толщиной от 100 мм до 125 мм, 3 сорта	$м^3$	0,0008
Гильза кабельная медная ГМ 2,5-2,6, внутренним диаметром 2,6 мм, сечением жил 2,5 мм2	шт.	152,5
Проволока из низкоуглеродистой светлой стали, общего назначения, высшего качества, термически обработанная, диаметром 1,1 мм	кг	0,427
Припои оловянно-свинцовые в чушках бессурьмянистые, марка ПОС30	т	0,00018
Бензин-растворитель	т	0,0001619
Ветошь	кг	0,16188
Бирки маркировочные	100 шт.	0,71946
Проволока стальная низкоуглеродистая	кг	0,0776
Лента К226	100 м	0,033154
Парафины нефтяные твердые марки Т-1	т	0,00006
Скобы и накладки для крепления кабеля	10 шт.	2,652
Перемычки гибкие, тип ПГС-50	шт.	4,2
Кнопки монтажные	1000 шт.	0,0283808
Бензин АИ-92	кг	0,008
Опора освещения СТВг-6,0 м, толщина металла 3мм, покрытие "горячее оцинкование", межосевое расстояние 160х160, (ГОСТ 9.307-89) (опора промежуточная П1)	шт	283

Продолжение таблицы 8

Наименование	Ед. изм.	Количество
1	2	3
Закладной фундамент 3ф-1 1000/160	шт	329
Кронштейн типа "Ива" вылет 1,0м, угол наклона 20 град., покрытие "горячее оцинкование" (ГОСТ 9.307-89)	шт	306
Опора освещения СТВг-6,0 м, толщина металла 3мм, покрытие "горячее оцинкование", межосевое расстояние 160х160, (ГОСТ 9.307-89) (опора концевая анкерная А3)	шт	13
Опора освещения СТВг-6,0 м, толщина металла 3мм, покрытие "горячее оцинкование", межосевое расстояние 160х160, (ГОСТ 9.307-89) (опора угловая анкерная УА3)	шт	10
Светильник светодиодный 115вт Jaryq	шт	305

ж) Потребность в рабочих кадрах

В списочный состав работающих на строительстве включены рабочие, непосредственно занятые на строительной площадке, а также в транспортных и обслуживающих хозяйствах. При этом, в состав работающих входят рабочие, ИТР, служащие, младший обслуживающий персонал (МСП) и охрана. Количество работающих на строительной площадке при реконструкции системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района определяется согласно календарному плану строительства. Потребность в рабочих кадрах при реконструкции системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района приведена в таблице 9.

Таблица 9 – Потребность в рабочих кадрах при реконструкции системы уличного освещения села Косшагыл Жылыойского района

Элементы расчета	Потребность в кадрах, чел
Общая стоимость строительно-монтажных работ, тыс.тенге	81773,87
Общее количество работающих, человек	25
В том числе:	
Рабочих 84,5 %	21
ИТР 11,0%	4

Численность работников, занятых на строительстве, определена по среднегодовой выработке на одного работающего с учетом нормативной трудоемкости. Общее количество работающих:

$$Ч_{с.п.} = \frac{100 \cdot Н_{тр}}{Т \cdot К_{с.в.}}, \quad (34)$$

где $Ч_{с.п.}$– количество человек, работающих на стройплощадке;

$Н_{тр}$ – нормативная трудоемкость работ, 5809/8 = 726,1 чел.-дни;

Т=1,3 мес. – продолжительность строительства по календарному плану;

$К_{с.в.} = 100\%$ – планируемый срок выполнения.

$$Ч_{с.п.} = \frac{100 \cdot 726,1}{28,6 \cdot 100} = 25 \text{ чел.}$$

Выводы к разделу 4

В данном разделе ВКР представлена технология строительства объекта. Выполнен расчет продолжительности строительства. Определена потребность в машинах и механизмах, а также потребность в строительных конструкциях, деталях, изделиях, полуфабрикатах и материалах. Кроме того, определена потребность в рабочих кадрах. Численность работников, занятых на строительстве, определена по среднегодовой выработке на одного работающего с учетом нормативной трудоемкости и составляет 25 человек.

Заключение

Анализ результатов обследования показывает, что во избежание дальнейших развитий установленных дефектов и повреждений и для обеспечения нормальной работы объекта: «Уличное освещение в с. Косшагыл Жылыойского района Атырауской области» необходимо выполнить реконструкцию объекта предварительно составив ведомость дефектов с учетом всех необходимых работ, разработав проектно-сметную документацию согласно СН РК 1.02-03-2011 и СН РК 1.04-26-2011 «Реконструкция, капитальный и текущий ремонт жилых и общественных зданий».

При выполнении строительных работ на объекте необходимо соблюдение правил техники безопасности в строительстве, регламентируемые СН РК 1.03-14-2011 «Охрана труда и техника безопасности в строительстве».

Выбраны светильники для реконструкции системы уличного освещения села Косшагыл. Так как в настоящее время одним из направлений энергосбережения на территории нашей страны является внедрение светодиодного освещения, то для уличного освещения рассматриваемого села Косшагыл применяются современные светодиодные светильники марки NITEOS «LIRA» 80 Вт. Приведены параметры данных светильников.

Выполнен расчет ожидаемых электрических нагрузок линий освещения села Косшагыл Жылыойского района. Суммарная активная мощность системы освещения составляет 36,64 кВт, полная мощность системы освещения составляет 37,77 кВА.

Выполнена проверка силовых трансформаторов. Принимается к установке КУ УКМ58-0,38-100-25 УЗ. Принимается силовой трансформатор ТМГ – 1000/6/0,4 УХЛ1 с номинальной мощностью 1000 кВА. Из расчетов видно, что трансформаторы удовлетворяют условиям загрузки.

Произведен выбор проводников и арматуры для подвеса проводов. Выбраны провода СИП2-3х16+1х25 мм^2, СИП2-3х35+1х50 мм^2, СИП2-3х120+1х95 мм^2. Арматура для подвеса проводов выбрана для каждого различного типа опор – промежуточной опоры линии, для анкерной опоры линии и для угловой анкерной опоры УА3.

Рассчитан ток КЗ на стороне 0,4 кВ ТП 6/0,4 кВ №10/2 села Косшагыл Жылыойского района, который составляет 12,9 кА.

Выбраны шкафы управления освещением. Для управления системой освещения села Косшагыл применяется АСУНО «Гелиос». Приведена схема управления уличным освещением.

Рассчитано заземление трансформаторной подстанции села Косшагыл Жылыойского района. Сделан вывод, что установленных заземлителей на трансформаторной подстанции достаточно.

Представлена технология строительства объекта. Выполнен расчет продолжительности строительства. Определена потребность в машинах и механизмах, а также потребность в строительных конструкциях, деталях, изделиях, полуфабрикатах и материалах. Кроме того, определена потребность в рабочих кадрах. Численность работников, занятых на строительстве, определена по среднегодовой выработке на одного работающего с учетом нормативной трудоемкости и составляет 25 человек.

Список используемых источников

1. Анчарова Т.В. Осветительные сети производственных зданий (часть 1) – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2018. 64 с.

2. Беляев А. В. Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ - Ленинградское отделение.: Энергоатомиздат, 2018.

3. Вагин Г.Я., Соснина Е.Н. Системы электроснабжения. Комплекс учебно-методических материалов. – Нижний Новгород: НГТУ, 2016. 91 с.

4. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока до 1 кВ : введен в действие 01.01.1995.

5. ГОСТ Р 50571.5.54-2013. Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов : введен в действие 01.01.2015.

6. Минский электротехнический завод им. В.И. Козлова [Электронный ресурс]. URL: http://metz.by/products/catalog/20.html (дата обращения: 12.09.2021).

7. НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования. Проектирование электроснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс]. URL: www.complexdoc.ru/ (дата обращения 30.07.2021).

8. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. 4-е изд., перераб. и доп. - М: Энергоатомиздат, 2016. 392 с.

9. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., перераб. и доп.– М.: Главгосэнергонадзор России, 2018. 692 с

10. Проектирование систем электрического освещения/ Козловская В.Б., Радкевич В.Н., Сацукевич В.Н. кол.авт. Белорусский национальный технический университет. – Минск: БНТУ, 2018. 132 с.

11. Рожин А. Н., Бакшаева Н. С. Внутрицеховое электроснабжение. Учебное пособие для выполнения курсового и дипломного проектов. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2016. 258 с.

12. РТМ 36.18.32.4-92. Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок [Электронный ресурс]. URL: http://files.stroyinf.ru/ (дата обращения 30.07.2021).

13. Сайт компании ЗАО «Электроинтер». Установки компенсации реактивной мощности [Электронный ресурс]. URL: http://www.electrointer.ru/catalog_item/ukm58p/ (дата обращения: 12.09.2021).

14. Светодиодные светильники NITEOS «LIRA» 80 Вт [Электронный ресурс]. URL: https://niteos.ru/catalog/ (дата обращения: 12.09.2021).

15. СН РК 4.04-07-2013. Строительные нормы Республики Казахстан. Электротехнические устройства [Электронный ресурс]. URL: https://adilet.zan.kz/ (дата обращения 30.07.2021).

16. СО 153-34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций [Электронный ресурс]. URL: https://docs.contd.ru/ (дата обращения 30.07.2021).

17. СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс]. URL: https://docs.contd.ru/ (дата обращения 30.07.2021).

18. СП РК 1.04-101-2012. Свод правил Республики Казахстан. Обследование и оценка технического состояния зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL: https://online.zakon.kz/ (дата обращения 30.07.2021).

19. СП РК 1.04-102-2012. Свод правил Республики Казахстан. Правила оценки физического износа зданий и сооружений [Электронный ресурс]. URL: https://online.zakon.kz/ (дата обращения 30.07.2021).

20. СП РК 2.04-01-2017. Свод правил Республики Казахстан. Строительная климатология сооружений [Электронный ресурс]. URL: https://online.zakon.kz/ (дата обращения 30.07.2021).

21. Справочник по электроснабжению и электрооборудования: в 2 т. Т.1 / под ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 2019. – Т.1.– 568 с.

22. Файрушин Р.Р. Системы электроснабжения. Учебно-методическое пособие. – Нижнекамск: Казанский государственный технологический университет, 2019. 78 с.