

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**Уральский государственный университет путей сообщения  
(ФГБОУ ВО УрГУПС)**

Факультет ИЗО

Кафедра Электроснабжение транспорта

Допускается к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент Ковалев А.А.

«21» июня 2019 г.

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема: Участок контактной сети постоянного тока с анализом работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации

(пояснительная записка)

**23.05.05.22.ПД.СОэ613.01.ПЗ**

(шифр документа)

Разработал: студент СОэ-613

(студент-дипломник) (группа)

(подпись)

(дата)

Адищев И.А.

(Ф.И.О.)

Руководитель: к.т.н., доцент

(подпись)

(дата)

Кочунов Ю.А.

(Ф.И.О.)

Консультанты: д.э.н., профессор

(подпись)

(дата)

Кокшаров В.А.

(Ф.И.О.)

к.т.н., доцент

(подпись)

(дата)

Белинский С.О.

(Ф.И.О.)

Н. контролер: к.т.н., доцент

(подпись)

(дата)

Ковалев А.А.

(Ф.И.О.)

Екатеринбург

2019

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**Уральский государственный университет путей сообщения  
(ФГБОУ ВО УрГУПС)**

Факультет ИЗО Кафедра Электроснабжение транспорта

Специальность 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

к.т.н., доцент Ковалев А.А.

«18» 02 2019 г.

**Задание**

**на дипломный проект студенту**

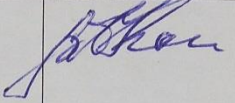
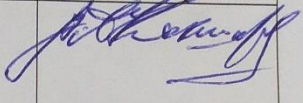
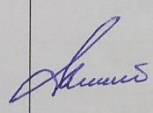
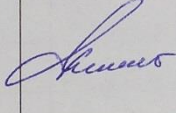
Адищеву Илье Александровичу

(фамилия, имя, отчество)

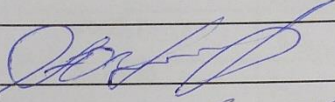
- 1 Тема проекта Участок контактной сети постоянного тока с анализом работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации
- утверждена приказом по университету от «18» февраля 2019 г. № 184-сз
- 2 Срок сдачи студентом законченного проекта 21.06.2019
- 3 Исходные данные к проекту Приведены в таблице 1.1
- 4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов 1. Расчет участка контактной сети постоянного тока 2. Анализ работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации 3. Технико-экономическая эффективность применения полимерных кронштейнов 4. Безопасность жизнедеятельности
- 5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, не включая слайды презентации) 1. План контактной сети постоянного тока перегона А. Часть 1 2. План контактной сети постоянного тока перегона А. Часть 2 3. План контактной сети постоянного тока перегона А. Часть 3 4. План контактной сети постоянного тока перегона А. Часть 4 4. Схема питания и секционирования контактной сети станции 5. Экономический эффект от внедрения полимерного кронштейна 6.

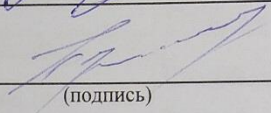
комплексной проверке состояния и ремонта кронштейнов

6 Консультанты по проекту (работе, с указанием относящихся к ним разделов проекта)

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		задание выдал	задание принял
Экономический	В.А. Кокшаров		
Безопасность жизнедеятельности	С.О. Белинский		

7 Дата выдачи задания 18.02.2019

Руководитель \_\_\_\_\_  
(подпись) 

Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_  
(подпись) 

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов дипломного проекта (работы)	Срок выполнения этапов проекта (работы)	Отметка о выполнении
Сбор исходных данных для выполнения ВКР,	25.03.19	Выполнено
Постановка целей и задач ВКР, написание введения	25.03.19	Выполнено
Разработка основной части ВКР	31.03.19	Выполнено
Разработка специальной части ВКР	14.04.19	Выполнено
Разработка раздела по экономической части ВКР	01.05.19	Выполнено
Разработка раздела по БЖД	15.05.19	Выполнено
Подготовка графической части ВКР	20.05.19	Выполнено
Оформление ВКР	26.05.19	Выполнено
Подписание ВКР у консультантов	05.06.19	Выполнено
Подписание ВКР у руководителя	10.06.19	Выполнено
Проверка ВКР на плагиат	10.06.19-16.06.19	[Подписи]
Нормоконтроль ВКР	10.06.19-16.06.19	
Сдача ВКР на кафедру	21.06.2019	[Подписи]
Утверждение ВКР у заведующего кафедрой	17.06.19-20.06.19	
Получение рецензии на ВКР	17.06.19-20.06.19	[Подписи]
Защита ВКР	01.07.19-03.07.19	

Руководитель \_\_\_\_\_

(подпись)

Студент - дипломник \_\_\_\_\_

(подпись)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий кафедрой  
«Электроснабжение транспорта»  
к.т.н., доцент Ковалев А.А.  
«18» 02 2019 г.

Задание  
на специальный раздел ВКР  
(дипломный проект)

Студент Адищев Илья Александрович Группа СОэ-613  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Технико-экономическое обоснование применение полимерного кронштейна  
(название специального раздела)

1. Тема Участок контактной сети постоянного тока с анализом работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации  
(название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от «18» февраля 2019 г. № 184-сз

Выпускающая кафедра Электроснабжение транспорта

Руководитель проекта к.т.н., доцент Кочунов Ю.А.  
(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

2. Консультант раздела д.э.н., профессор Кокшаров В.А.

Кафедра, ведущая специальный раздел Экономика транспорта

3. Исходные данные: приведены в таблице 3.4

4. Срок сдачи студентом законченного раздела 21.06.2019

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

6. Название демонстрационно-графического(их) материал(ов) 1) Экономический эффект от внедрения полимерного кронштейна

7. Дата выдачи задания 18 02 19 Консультант В.А. Кокшаров/  
(подпись)

Согласовано: \_\_\_\_\_ /Ю.А. Кочунов/  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению \_\_\_\_\_ /И.А. Адищев/  
(дата и подпись студента-дипломника)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий кафедрой  
«Электроснабжение транспорта»  
к.т.н., доцент Ковалев А.А.  
« 18 » 02 2019 г.

Задание  
на специальный раздел ВКР  
(дипломного проекта)

Студент Адищев Илья Александрович Группа СОэ-613  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Безопасность жизнедеятельности  
(название специального раздела)

1. Тема Участок контактной сети постоянного тока, с анализом работоспособности  
изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации (название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от « 18 » февраля 2019 г. № 184-сз

Выпускающая кафедра Электроснабжение транспорта

Руководитель проекта к.т.н., доцент Кочунов Ю.А.  
(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

2 Консультант раздела к.т.н., доцент Белинский С.О.

Кафедра, ведущая специальный раздел Техносферная безопасность

3 Исходные данные: Технологическая карта производства работ при комплексной проверке  
состояния и ремонта кронштейнов

4 Срок сдачи студентом законченного раздела 21.06.2019

5 Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

1. Безопасность производства работ при проверке состояния и ремонте кронштейнов

2. Экспертиза проекта на соответствие требованиям безопасности и экологичности

6 Название демонстрационно-графического(их) материала(ов)

1. Технологическая карта при комплексной проверке состояния и ремонта кронштейнов

7. Дата выдачи задания 18 02 19 Консультант С.О. Белинский  
(подпись)

Согласовано: \_\_\_\_\_ /Ю.А. Кочунов/  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению \_\_\_\_\_ И.А. Адищев  
(дата и подпись студента-дипломника)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

## ОТЗЫВ

о выпускной квалификационной работе студента Адищева Ильи Александровича  
факультета ИЗО

специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

Руководитель к.т.н., доцент Кочунов Юрий Александрович

(ученая степень, ученое звание, должность, фамилия, имя, отчество)

Тема ВКР: Участок контактной сети постоянного тока с анализом работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации

Соответствие содержания ВКР заданию

В данном дипломном проекте выполнено полное соответствие согласно содержанию

Характеристика проделанной работы по всем ее разделам

1. Выполнен расчет участка контактной сети постоянного тока, определены нагрузки на провода контактной сети, произведен расчет натяжения проводов, определены длины пролетов, выбрано оборудование контактной сети. Разработана схема питания и секционирования и составлены планы контактной сети станции и перегона

2. Рассмотрен анализ работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации, таких как изолятор фарфоровый штыревой марки ШФ-20Г, тарельчатый стеклянный изолятор марки ПС-70 и полимерный кронштейн марки КПСИП-3

3. Произведен расчет технико-экономического обоснования применения полимерных кронштейнов

4. Рассмотрены меры безопасности персонала при проверке состояния и ремонта кронштейнов. Разработаны технологическая карта для производства работ проверке состояния и ремонта кронштейнов

Полнота раскрытия темы Тема раскрыта в полном объеме

Теоретический уровень и практическая значимость ВКР

Выпускник показал высокий уровень значимости дипломной работы

Степень самостоятельности и творческой инициативы студента-дипломника, его деловые качества

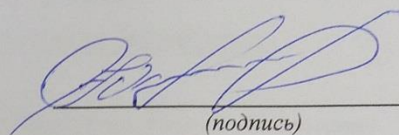
Проявил высокую степень самостоятельности применив практические знания полученные на производстве

Качество оформления ВКР В соответствии со стандартом СТО УрГУПС 2.3.5-2016

Возможность допуска студента-дипломника к защите ВКР

и рекомендуемая оценка Данная работа заслуживает оценки «хорошо»

Дата 21.06.2019

  
(подпись)



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

**РЕЦЕНЗИЯ**

о дипломном проекте студента факультета ИЗО

специальности 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

(Код, наименование)

Адищева Ильи Александровича

(Фамилия, имя, отчество)

Рецензент Начальник Восстановительного поезда Челябинск

Колисниченко А.В.

*(ученая степень, ученое звание, должность, место работы, фамилия, имя, отчество)*

Тема дипломного проекта: Участок контактной сети постоянного тока с анализом работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации.

Дипломный проект посвящен вопросу применения полимерных кронштейнов марки КПСИП-3. Данная тема является актуальной для применения полимерного кронштейна в сетях нетяговых железнодорожных потребителей 6-10 кВ.

В экономической части грамотно определены приведенные затраты на обслуживание и применение полимерного кронштейна.

Экспертиза дипломного проекта выполнена с полным соблюдением всех требований безопасности и экологичности. Рассмотрены меры безопасности персонала при проверке и ремонте кронштейнов.

*(актуальность и социально-экономическая значимость темы)*

Основные результаты Произведен анализ работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях, таких как изолятор фарфоровый штыревой марки ШФ-20Г, тарельчатый стеклянный изолятор марки ПС-70 и полимерный кронштейн марки КПСИП-3. Анализ показал, что полимерные кронштейны превосходят ШФ-20Г и ПС-70Е, так как у них происходит перекрытие, у полимерных изолирующих конструкций перекрытие не происходит.

Новизна и оригинальность идей, положенных в основу работы, а также методы ее выполнения В работе применены новые виды поддерживающих конструкций (полимерные кронштейны) для ВЛ 6–10 кВ.

Практическая значимость работы Полимерные кронштейны являются перспективными для применения при капитальном ремонте и строительстве новых воздушных ЛЭП 6-10 кВ устройств СЦБ и ПЭ.

*(возможность внедрения результатов работы в практику, ожидаемый эффект)*

Анализ обоснованности выводов и предложений Рассмотрев разные марки изоляционных устройств можно сделать вывод, что полимерный кронштейн характеризуется минимумом приведенных затрат, т.е. обладает наибольшим экономическим эффектом, чем металлические аналоги. При выполнении технических мероприятий в срок с соблюдением технологического процесса будут обеспечены бесперебойная работа и длительный срок службы полимерного кронштейна.

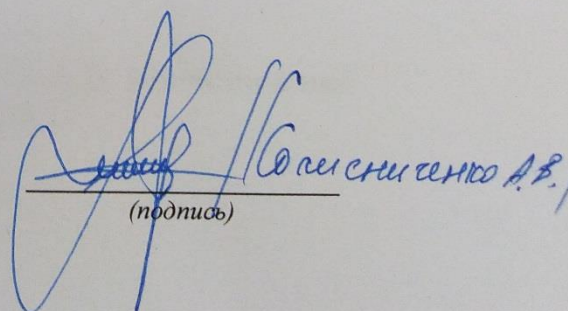
Качество оформления Пояснительная записка оформлена аккуратно с полным соблюдением всех требований ГОСТ и ЕСКД.

Недостатки работы (замечания) Существенные недостатки в дипломной работе не выявлены.

Изложенное позволяет считать, что рецензируемый дипломный проект студента раскрыт полностью, приведенные в пояснительной записке технические решения подтверждены расчетами. Данный дипломный проект рекомендуется для выдвижения на защиту и заслуживает оценки – «ХОРОШО».

Дата 24.06.2019г.

МП

  
(подпись)



**ФИЛИАЛ ОАО «РЖД»**

**ЮЖНО-УРАЛЬСКАЯ ДИРЕКЦИЯ  
АВАРИЙНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ  
СРЕДСТВ**

ул.Свободы, 171,  
г. Челябинск, 454091  
Тел.: (351) 268-70-83, факс: (351) 268-31-80

« 24 » июня 2019 г. № \_\_\_\_\_

**ХАРАКТЕРИСТИКА**

Адищев Илья Александрович был принят в Дирекцию аварийно-восстановительных средств в 2013 году на должность электромонтера по обслуживанию и ремонту электрооборудования.

За время работы в данной должности грамотно и качественно исполняет свои должностные обязанности. Участвует в организации и проведении работ по устранению аварий на железнодорожном транспорте. Обслуживает электроустановки и технику восстановительного поезда.

Умеет правильно оценивать возможные последствия тех или иных решений. Принимает квалифицированные профессиональные решения. В коллективе поддерживает атмосферу доброжелательности и взаимопомощи.

Начальник восстановительного  
поезда Челябинск

А.В. Колисниченко



## СПРАВКА

### о результатах проверки текстового документа на наличие заимствований

Проверка выполнена в системе  
Антиплагиат.ВУЗ

Автор работы	Адищев Илья Александрович
Подразделение	Кафедра Электроснабжение транспорта
Тип работы	Выпускная квалификационная работа
Название работы	Участок контактной сети постоянного тока с анализом работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации
Название файла	Участок контактной сети постоянного тока с анализом работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации.docx
Процент заимствования	27,28%
Процент цитирования	1,59%
Процент оригинальности	71,13%
Дата проверки	14:21:40 21 июня 2019г.
Модули поиска	Коллекция РГБ; Цитирование; Модуль поиска Интернет; Модуль поиска перефразирований Интернет; Модуль поиска общеупотребительных выражений; Модуль поиска "УрГУПС"; Кольцо вузов

Работу проверил

Ковалёв Алексей Анатольевич

ФИО проверяющего

Дата подписи

Подпись проверяющего

Чтобы убедиться  
в подлинности справки,  
используйте QR-код, который  
содержит ссылку на отчет.



Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего. Предоставленная информация не подлежит использованию в коммерческих целях.

## РЕФЕРАТ

В данном дипломном проекте всего: стр. 74, рис. 9, табл. 14, использованных источников 20 назв.


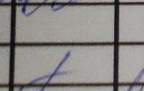
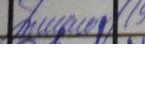
**КОНТАКТНАЯ СЕТЬ, НАТЯЖЕНИЕ, ПРОЛЁТ, АНКЕРНЫЙ УЧАСТОК, ОПОРА, КОНСОЛЬ, ФИКСАТОР, КРОНШТЕЙН, ГАБАРИТ, ИСКУССТВЕННОЕ СООРУЖЕНИЕ, ЛИНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, УСИЛИВАЮЩИЙ ПРОВОД, НОРМАТИВНЫЙ МОМЕНТ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ, ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ.**

*CONTACT NETWORK, TENSION, SPAN, ANCHOR SECTION, SUPPORT, CONSOLE, RETAINER, BRACKET, SIZE, ARTIFICIAL STRUCTURE, LONGITUDINAL POWER SUPPLY LINE, REINFORCEMENT WIRE, REGULATORY MOMENT, ECONOMIC EFFECT, SAFETY ENGINEERING.*

**Объектом разработки** является участок контактной сети постоянного тока.

**Цель проекта** – анализ работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации.

**Экономическая эффективность:** полимерный кронштейн характеризуется минимумом приведенных затрат, т. е. обладает наибольшим экономическим эффектом, чем металлические аналоги.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23.05.05.22.ПД.СОэ613.01.ПЗ			
Разраб.		Адищев И.А.			Участок контактной сети постоянного тока с анализом работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Кочунов Ю.А.				У	7	74
Т. Контр.					ФГБОУ ВО УрГУПС Кафедра «Электроснабжение транспорта»			
Н. Контр.		Ковалев А.А.		19.06				

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1 Расчет участка контактной сети постоянного тока .....	10
1.1 Исходные данные .....	10
1.2 Определение нагрузок на провода контактной сети .....	12
1.3 Расчет натяжения проводов .....	18
1.4 Разработка плана контактной сети .....	19
1.5 Механический расчет анкерного участка полукompенсированной цепной подвески .....	20
1.6 Расчет и выбор опор контактной сети .....	32
1.7 Выбор поддерживающих конструкций.....	39
1.8 Вывод по разделу .....	40
2 Анализ работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации.....	41
2.1 Изоляционные конструкции .....	41
3 Техничко-экономическая эффективность применения полимерных кронштейнов.....	49
4 Безопасность жизнедеятельности.....	55
4.1 Безопасность производства работ при проверке состояния и ремонта кронштейнов.....	55
4.2 Безопасность труда при работе во время проверки состояния и ремонта кронштейнов.....	58
4.3 Экспертиза проекта на соответствие требованиям безопасности и экологичности.....	62
4.4 Безопасность при чрезвычайных ситуациях .....	67
4.5 Выводы по разделу.....	68
Заключение .....	70
Список использованных источников .....	72
Приложение А – Натяжение разгруженного несущего троса .....	74
Приложение Б – Стрелы провеса разгруженного несущего троса .....	75
Приложение В – Натяжение нагруженного несущего троса при изменении температуры.....	76
Приложение Г – Стрелы провеса контактного провода .....	77

## ВВЕДЕНИЕ

Электрификация железных дорог является важным звеном технического прогресса на транспорте, она позволяет значительно повысить пропускную способность железных дорог, снизить потребление топливно-энергетических ресурсов и загрязнения окружающей среды. Электрические железные дороги России, составляют 47% протяженности сети и выполняют почти 80% грузовых и 40% пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте. В последние годы реализуется программа обновления устройств электроснабжения, в том числе контактной сети. Предусматривается внедрение современных технических средств, гарантирующих дальнейшее повышение надежности работы устройств электроснабжения и их экономической эффективности.

В данном дипломном проекте будет рассмотрен анализ изолирующих конструкций в экстремальных условиях эксплуатации.

В этой связи в данном дипломном проекте необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить расчет участка контактной сети постоянного тока. Выбрать и проверить основное оборудование участка контактной сети. Разработать план контактной сети перегона.

2. Проанализировать работу изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации.

4. Выполнить расчет показателей эффективности мероприятий, направленных на повышение надежности работы полимерных кронштейнов производства НПП «Электромаш» .

5. Выполнить экспертизу проекта на соответствие требованиям безопасности и экологичности.

# 1 Расчет участка контактной сети постоянного тока

## 1.1 Исходные данные для расчета участка контактной сети

Исходные данные приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1– Исходные данные

Характеристика цепной подвески	
1	2
Род тока	Постоянный
Расстояние между контактными проводами, мм	40
Максимально допустимая скорость движения по перегону, км/ч	160
Тип контактной подвески:	М120+2МФ100+А185-полукомпенсированная с рессорными струнами, полукосая на прямых и вертикальная на кривых участках пути
Метеорологические условия	
Климатическая зона	2а
Ветровой район	3
Гололёдный район	2
Минимальная температура, °С	-38
Максимальная температура, °С	+35
Толщина стенки гололёда, мм	10
Нормативная скорость ветра, м/с	29
Температура гололёдных образований, °С	-5
Температура, при которой наблюдается ветер максимальной интенсивности, °С	-5
Форма гололёда цилиндрическая с плотностью, кг/м <sup>3</sup>	900



Продолжение таблицы 1.1

1	2
Поправочные коэффициенты	
$C_x$ – для несущего троса	1,25
$C_x$ – для контактного провода	1,55
$k_T$	1,00
$k_B$	1,00
Физико – механические характеристики применяемых проводов	
Номинальная площадь сечения: МФ-100, мм <sup>2</sup> М-120, мм <sup>2</sup> А-185, мм <sup>2</sup>	100 117 182,80
Расчетный диаметр проводов: МФ-100, мм М-120, мм А-185, мм	11,8/12,81 14,00 17,50
Линейная плотность проводов: МФ-100, кг/м <sup>3</sup> М-120, кг/м <sup>3</sup> А-185, кг/м <sup>3</sup>	8900 10580 5020
Натяжение проводов: номинальное для МФ-100, Н максимальное для МФ-100, Н номинальное для М-120, Н максимальное для М-120, Н номинальное для А-185, Н	10000 11800 18000 20000 9000

Климатические параметры в таблице 1.1 выбраны на основании данных метеорологических условий:

- диапазон температур  $t_{\min}$  и  $t_{\max}$  – из табл. 2.3 [1]
- максимальная (нормативная) скорость ветра  $V_H$  – из табл. 1.1 [2]
- нормативная толщина стенки гололеда  $b_H$  [2]

## 1.2 Определение нагрузок на провода контактной сети

### 1.2.1 Нагрузка от собственного веса одного метра контактной подвески

Нагрузка от собственного веса одного метра контактного провода и несущего троса определяется из выражения

$$g_i = 9,81 \cdot S_i \cdot \rho_i \cdot k_{ni}, \quad (1.1)$$

где  $S_i$  – площадь поперечного сечения провода, м<sup>2</sup>;

$\rho_i$  – плотность материала провода, кг/м<sup>3</sup>;

$k_{ni}$  – коэффициент, учитывающий конструкцию провода, для цельного провода  $k_n = 1$ , для многопроволочного (троса)  $k_n = 1,025$ .

$$g_H = 9,81 \cdot 1,025 \cdot 117 \cdot 10^{-6} \cdot 10580 = 12,447 \text{ Н/м};$$

$$g_K = 9,81 \cdot 1 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 8900 = 8,731 \text{ Н/м}.$$

Нагрузка от собственного веса одного метра контактной подвески находится как

$$g = g_H + n \cdot (g_K + g_C), \quad (1.2)$$

где  $g_H$  – нагрузка от собственного веса несущего троса, Н/м;

$n$  – число контактных проводов;

$g_K$  – то же, но от контактного провода, Н/м;

$g_C$  – то же, но от струн и зажимов,  $g_C = 1$  Н/м.

$$g = 12,447 + 2 \cdot (8,731 + 1) = 31,91 \text{ Н/м}.$$

## 1.2.2 Нагрузка от веса гололеда

Нагрузка от веса гололеда на один метр длины провода или троса при цилиндрической форме его отложения определяется по формуле

$$g_{\Gamma i} = 27,7 \cdot b_{\Gamma} \cdot (d_i + b_{\Gamma}) \cdot 10^3 \quad (1.3)$$

где  $b_{\Gamma}$  – расчётная толщина стенки гололеда, м;  
 $d_i$  – диаметр провода, м.

Расчетное значение толщины стенки гололеда определяется по формуле

$$b_{\Gamma} = k_{\Gamma} \cdot b_{\text{Н}}, \quad (1.4)$$

где  $k_{\Gamma}$  – коэффициент, учитывающий диаметр провода, высоту его подвешивания и рекомендации [2] по учету местных условий;  
 $b_{\text{Н}}$  – толщина гололедного слоя в соответствии с заданием, м.

Расчетный диаметр контактного провода берется усредненный из высоты и ширины его сечения

$$d_{\text{ср}} = (H + A) / 2. \quad (1.5)$$

где  $H$  – высота сечения провода, м;

$A$  – ширина сечения провода, м.

Вес гололеда на струнах не учитывается

$$d_{\text{ср}} = (11,8 + 12,8) / 2 = 0,0123 \text{ м};$$

$$b_{\Gamma} = 1 \cdot 0,010 = 0,01 \text{ м};$$

$$g_{\Gamma\text{Н}} = 27,7 \cdot 0,01 \cdot (0,014 + 0,01) \cdot 10^3 = 6,65 \text{ Н/м};$$

$$g_{\Gamma\text{К}} = 27,7 \cdot 0,01 / 2 \cdot (0,0123 + 0,01 / 2) \cdot 10^3 = 2,39 \text{ Н/м}.$$

### 1.2.3 Суммарный вес одного метра контактной подвески с гололедом

Суммарный вес одного метра контактной подвески с гололедом определяется как

$$g_{\Gamma} = g + g_{\Gamma H} + g_{\Gamma K} , \quad (1.6)$$

где  $g$  – вес контактной подвески, Н/м;

$$g_{\Gamma} = 31,91 + 4,47 + 2 \cdot 1,667 = 39,714 \text{ Н/м};$$

$$g_{\Gamma} = 31,91 + 6,65 + 2 \cdot 2,39 = 43,34 \text{ Н/м}.$$

### 1.2.4 Ветровая нагрузка на провод без гололеда

Ветровая нагрузка на провод без гололеда определяется по формуле

$$p_i = 0,615 \cdot V_p^2 \cdot C_x \cdot d_i , \quad (1.7)$$

где  $C_x$  – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления, зависящий от формы и положения поверхности объекта;

$d_i$  – диаметр провода, для контактного провода – высота его сечения (Н),м;

$V_p$  – расчетная скорость ветра, м/с, определяется по формуле:

$$V_p = k_B \cdot V_H , \quad (1.8)$$

где  $V_H$  – нормативная скорость ветра, с повторяемостью не реже одного раза в 10 лет;

$k_B$  – расчётный ветровой коэффициент, учитывая местные условия

$$V_p = 29 \cdot 1 = 29 \text{ м/с};$$

$$P_H = 0,615 \cdot 29^2 \cdot 1,25 \cdot 0,014 = 9,051 \text{ Н/м};$$

$$P_K = 0,615 \cdot 29^2 \cdot 1,55 \cdot 0,0118 = 9,46 \text{ Н/м}.$$

### 1.2.5 Ветровая нагрузка при наличии на проводе гололеда

Ветровая нагрузка при наличии на проводе гололеда определяется как

$$P_{ri} = 0,615 \cdot V_{\Gamma} \cdot C_x \cdot (d_i + 2 \cdot b_{\Gamma}). \quad (1.9)$$

где  $V_{\Gamma}$  – расчетная скорость ветра при гололеде, м/с

$$V_{\Gamma} = 0,6 \cdot V_p, \quad (1.10)$$

$$V_{\Gamma} = 29 \cdot 0,6 = 17,4 \text{ м/с};$$

$$P_{ri} = 0,615 \cdot 17,4^2 \cdot 1,25 \cdot (0,014 + 2 \cdot 0,01) = 7,91 \text{ Н/м};$$

$$P_{\Gamma K} = 0,615 \cdot 17,4^2 \cdot 1,55 \cdot (0,0118 + 0,01) = 6,29 \text{ Н/м}.$$

### 1.2.6 Результирующая нагрузка на усиливающий провод при отсутствии гололёда

Результирующая нагрузка на усиливающий провод при отсутствии гололёда определяется из выражения

$$q_y = \sqrt{g_y^2 + p_y^2}, \quad (1.11)$$

$$g_y = 9,81 \cdot S_y \cdot \rho_y \cdot k_{ny}, \quad (1.12)$$

$$P_y = 0,615 \cdot V_p^2 \cdot C_x \cdot d_y, \quad (1.13)$$

$$P_y = 0,615 \cdot 29^2 \cdot 1,25 \cdot 0,0175 = 11,314 \text{ Н/м};$$

$$q_y = \sqrt{9,227^2 + 11,314^2} = 14,59 \text{ Н/м.}$$

то же, но при наличии гололёда

$$q_y = \sqrt{g_{\Gamma y}^2 + p_y^2}, \quad (1.14)$$

$$g_{\Gamma y} = 27,7 \cdot b_{\Gamma} \cdot (d_y + b_{\Gamma}) \cdot 10^3, \quad (1.15)$$

$$g_{\Gamma y} = 27,7 \cdot 0,01 \cdot (0,0175 + 0,01) \cdot 10^3 = 7,62 \text{ Н/м};$$

$$q_y = \sqrt{7,62^2 + 11,314^2} = 13,641 \text{ Н/м.}$$

### 1.2.7 Результирующая нагрузка на несущий трос цепной подвески

Результирующая нагрузка на несущий трос определяется без учета ветровой нагрузки на контактные провода, так как ее основная часть воспринимается фиксаторами, следовательно

$$q_H = \sqrt{g^2 + p_H^2}, \quad (1.16)$$

при совместном воздействии гололеда с ветром

$$q_{\Gamma H} = \sqrt{g_{\Gamma}^2 + p_{\Gamma H}^2}, \quad (1.17)$$

$$q_H = \sqrt{31,91^2 + 9,051^2} = 33,169 \text{ Н/м};$$

$$q_{\Gamma H} = \sqrt{43,34^2 + 7,91^2} = 44,056 \text{ Н/м.}$$

Ветровая нагрузка на провод без гололеда определяется по формуле

$$p_i = 0,615 \cdot V_p^2 \cdot C_x \cdot d_i, \quad (1.18)$$

где  $V_p$  – расчетная скорость ветра, м/с (см. [2] табл. 1.1);

$C_x$  – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления, зависящий от формы и положения поверхности объекта, [2];

$d_i$  – диаметр провода, для контактного провода – высота его сечения (Н), м.

Ветровая нагрузка при наличии на проводе гололеда

$$p_{\Gamma i} = 0,615 \cdot (V_{\Gamma} \cdot k_B)^2 \cdot C_x \cdot (d_i + 2b_{\Gamma}), \quad (1.19)$$

где  $V_{\Gamma}$  – расчетная скорость ветра при гололеде, она равна  $0,6 \cdot V_p$ , м/с;

$k_B$  – поправочный ветровой коэффициент, зависящий от характера местности и параметра шероховатости  $z_o$ .

В соответствии с [3, 4], приняты следующие значения коэффициента  $k_B$ :

– на станции  $k_B = 0,8$ ;

– на перегоне  $k_B = 1,0$ ;

– на насыпи  $k_B = 1,2$ .

По формулам (1.7) и (1.8) проведем расчет ветровых нагрузок на несущие тросы и контактные провода главных путей станции

$$p_H = 0,615 \cdot (25 \cdot 0,8)^2 \cdot 1,25 \cdot 12,5 \cdot 10^{-3} = 4,31 \text{ Н/м;}$$

$$p_K = 0,615 \cdot (25 \cdot 0,8)^2 \cdot 1,55 \cdot 11,8 \cdot 10^{-3} = 3,63 \text{ Н/м;}$$

$$p_{\Gamma H} = 0,615 \cdot (15 \cdot 0,8)^2 \cdot 1,25 \cdot (12,5 + 2 \cdot 5 \cdot 0,75) \cdot 10^{-3} = 4,47 \text{ Н/м;}$$

$$p_{\Gamma K} = 0,615 \cdot (15 \cdot 0,8)^2 \cdot 1,55 \cdot (11,8 + 5 \cdot 0,75) \cdot 10^{-3} = 3,33 \text{ Н/м.}$$

Максимально допустимое натяжение несущего троса на перегоне 15700

Н.

Номинальное натяжение несущего троса на перегоне 14200 Н.

Натяжение несущего троса при беспровесном состоянии контактного провода принимается для медного провода  $T_0 = 0,8 \cdot 15700 = 12560$  Н.

При ветре максимальной интенсивности натяжение несущего троса на перегоне равно  $T_b = 0,63 \cdot 15700 = 9891$  н. Номинальное натяжение контактного провода на перегоне 20000 Н. Результаты расчётов сводим в таблицу 1.2

Таблица 1.2 – Нагрузки, действующие на провода контактной сети

Нагрузки	Н/м
1	2
От собственного веса одного метра контактной подвески	31,910
Суммарный вес одного метра подвески с гололедом	43,340
Ветровая нагрузка на несущий трос без гололеда	9,051
Ветровая нагрузка на контактный провод без гололеда	9,460
Ветровая нагрузка на несущий трос с гололедом	7,910
Ветровая нагрузка на контактный провод с гололедом	6,290
Результирующая нагрузка на усиливающий провод без гололеда	14,590
Результирующая нагрузка на усиливающий провод с гололедом	13,641
Результирующая нагрузка на несущий трос, без учета ветровой нагрузки на контактный провод	33,169
Результирующая нагрузка на несущий трос, при совместном воздействии гололёда с ветром	44,056

## 1.2 Расчёт натяжения проводов

Натяжение проводов контактной сети на данном этапе выполнения принимается предварительно и будет уточняться при предварительном расчёте.

### 1.3.1 Натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода

Натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного



провода ( $T_0$ ) предварительно принимается

$$T_0 = 0,75 \cdot T_{\text{доп}}, \quad (1.18)$$

$$T_0 = 0,75 \cdot 20000 = 15000 \text{ Н.}$$

для компенсированной подвески

$$T_0 = T_H = 18000 \text{ Н.}$$

### **1.3.2 Натяжение несущего троса при ветре максимальной интенсивности**

При ветре максимальной интенсивности натяжение несущего троса ( $T_B$ ) выбирается предварительно из таблицы 3.1 [3]:

$$T_B = 0,7 \cdot T_{\text{доп}}. \quad (1.19)$$

$$T_B = 0,7 \cdot 20000 = 14000 \text{ Н.}$$

## **1.4 Разработка плана контактной сети**

### **1.4.1 Схема питания и секционирования**

Для разделения контактной сети на так называемые секции применяется схема питания и секционирования. Основная задача такой схемы обеспечить бесперебойное питание контактной подвески и осуществлять пропуск поездов с заданным интервалом движения. Это достигается при делении участка на секции, которые питаются от разных фидеров тяговой подстанции. Существует продольное (с помощью изолированных сопряжений) и поперечное секционирование (с помощью секционных изоляторов). Разделение секций осуществляется с помо-

щью разъединителей, с различными видами приводов (ручной, моторный, моторный с помощью телемеханического управления).

Разъединители могут быть нормально включены либо нормально отключены, при этом с заземлением и без него.

Разъединители на питающих фидерах обозначаются как –  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$  и т.д., линейные разъединители обозначаются –  $\Phi_{л1}, \Phi_{л2}, \Phi_{л3}$  и т.д., поперечные разъединители –  $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ , и т.д., разъединители с заземляющими ножами –  $Z$  [4-7].

Схема питания, разработанная в ходе выполнения данного дипломного проекта, представлена в графической части (лист 3).

#### **1.4.2 Составление плана контактной сети станции и перегона**

План контактной сети разбивается на два этапа: проектирование перегона и станции.

В любом случае выполняются одинаковые операции: расстановка опор (с учетом расчетных длин пролетов), определение оптимальных длин анкерных участков и типа анкеровки контактной подвески (в соответствии с исх. данными); выбор опор и поддерживающих конструкций, выставление зигзага контактного провода, прокладка ВЛ и усиливающей линии и прочих проводов, расположенных на опорах контактной сети.

Методику проектирования контактной сети можно изучить и применить в ВКР согласно [5-7].

### **1.5 Механический расчет анкерного участка полукompенсированной цепной подвески**

Для расчета выбираем анкерный участок № 3бк главного пути

#### **1.5.1 Определение длины расчетного эквивалентного пролета**

Расчетный эквивалентный пролет определяется по формуле

$$L_{\text{э}} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{L_i^3}{L_a}}, \quad (1.20)$$

где  $L_i$  – длина  $i$ -го пролета, м;

$L_a$  – длина анкерного участка, м;

$n$  – число пролетов.

$$L_{\text{э}} = \sqrt{\frac{7 \cdot 70^3 + 1 \cdot 61^3 + 1 \cdot 60^3 + 1 \cdot 65^3 + 6 \cdot 50^3 + 1 \cdot 45^3 + 1 \cdot 38^3}{1059}} = 61,57 \text{ м.}$$

### 1.5.2 Определение критического пролета при исходном режиме

Устанавливается исходный режим, при котором возможно наибольшее натяжение несущего троса. Определяется величина критического пролета

$$L_{\text{кр}} = Z_{\text{max}} \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot \alpha \cdot (t_{\Gamma} - t_{\text{min}})}{W_{\Gamma}^2 - W_{t_{\text{min}}}^2}}, \quad (1.21)$$

где  $Z_{\text{max}}$  – максимальное приведенное натяжение подвески, Н;

$W_{\Gamma}^2$   $W_{t_{\text{min}}}^2$  – приведенные линейные нагрузки на подвеску, соответственно при гололеде с ветром и при минимальной температуре, Н/м;

$\alpha$  – температурный коэффициент линейного расширения материала несущего троса,  $1/^{\circ}\text{C}$ .

Приведенные величины  $Z_x$  и  $W_x$  для режима «х» и эквивалентного пролета вычисляются по формулам

$$Z_x = T_x + \phi_x K, \quad (1.22)$$

$$W_x = q_x \cdot \left(1 + \frac{g \cdot \phi_x \cdot K}{g_x \cdot T_0}\right), \quad (1.23)$$

где  $g_x, q_x$  – соответственно, вертикальная и результирующая нагрузки на несущий трос в режиме  $x$ , Н/м;

$K$  – натяжение контактного провода, Н;

$T_0$  – натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода, Н;

$\phi_x$  – конструктивный коэффициент цепной подвески, определяемый по формуле:

$$\phi_x = \frac{\lambda}{1 + \frac{(1-\lambda) \cdot K}{T_x}}, \quad (1.24)$$

$$\lambda = \frac{(L_3 - 2 \cdot c)^2}{L_3^2}, \quad (1.25)$$

где величина  $c$  в (1.25) означает расстояние от оси опоры до первой простой струны, в эквивалентном пролете  $c = 8 \dots 10$  м.

По формулам (1.21 – 1.25) определим величину критического пролета

$$\lambda = \frac{(61,57 - 2 \cdot 10)^2}{61,57^2} = 0,456;$$

$$\phi_x = \frac{0,456}{1 + (1 - 0,456) \cdot \frac{20000}{20000}} = 0,179;$$

$$Z_x = 20000 + 0,179 \cdot 20000 = 23580 \text{ Н};$$

$$W_{\Gamma} = 40,089 \left( 1 + \frac{31,91 \cdot 0,179 \cdot 20000}{39,714 \cdot 15000} \right) = 47,784 \text{ Н/м};$$

$$W_{t_{\min}} = 31,91 \cdot \left( 1 + \frac{0,179 \cdot 20000}{15000} \right) = 39,533 \text{ Н/м};$$

$$L_{\text{кр}} = 23580 \cdot \sqrt{\frac{408 \cdot 10^{-6} \cdot (-5 - (-38))}{47,784^2 - 39,533^2}} = 101,95 \text{ м}.$$

По условию  $L_{\text{э}} < L_{\text{кр}}$  ( $61,57 < 101,95$ ), следует, что максимальное натяжение несущего троса  $T_{\text{max}}$  будет при минимальной температуре.

### 1.5.3 Определение температуры беспровесного положения контактного провода

Определим температуру беспровесного состояния контактного провода

$$t_0 = t_{\text{cp}} - t', \quad (1.26)$$

где  $t_{\text{cp}}$  – средняя температура района, °С;

$t'$  – коррекция на отжатие контактного провода токоприемником в середине пролета, при двойном контактном проводе  $t' = 15\text{--}20$  °С.

$$t_{\text{cp}} = \frac{-38 + 35}{2} = -1,5^{\circ}\text{C} \sqrt{b^2 - 4ac},$$

$$t_0 = -1,5 - 17,5 = -19^{\circ}\text{C};$$

### 1.5.4 Натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода

Натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода определяется при условии, когда  $\varphi = 0$  (для рессорных подвесок)

$$t_0 = A_1 + \frac{B_0}{T_{px}^2} - \frac{T_{px}}{\alpha_n \cdot E_n \cdot S_n}, \quad (1.27)$$

$$A_1 = t_1 - \frac{q_1^2 \cdot L_3^2}{24 \cdot \alpha_n \cdot T_{max}^2} + \frac{T_{max}}{\alpha_n \cdot E_n \cdot S_n}, \quad (1.28)$$

$$B_0 = \frac{q_0^2 \cdot L_3^2}{24 \cdot \alpha_n}, \quad (1.29)$$

Стоит отметить, что величины с индексом 1 относятся к режиму максимального натяжения несущего троса, а с индексом 0 – к режиму беспровесного положения контактного провода. Индекс  $n$  относится к несущему тросу.

Задаваясь несколькими значениями  $T_0$ , начиная с принятого ранее и воспользовавшись линейной интерполяцией, определим точное значение  $T_0$  соответствующее выбранной температуре  $t_0$ :

$$A_1 = -38 - \frac{31,91^2 \cdot 61,57^2}{408 \cdot 10^{-6} \cdot 20000} + \frac{20000}{253,6} = 17,212 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$B_0 = \frac{31,91^2 \cdot 61,57^2}{408 \cdot 10^{-6}} = 9,461 \cdot 10^9;$$

$$\text{при } T_0' = 15000 \text{ Н};$$

$$t_0' = 17,212 + \frac{9,461 \cdot 10^9}{15000^2} - \frac{15000}{253,6} = 0,113 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\text{при } T_0'' = 17500 \text{ Н};$$

$$t_0'' = 17,212 + \frac{9,461 \cdot 10^9}{17500^2} - \frac{17500}{253,6} = -20,901 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$T_0 = 15000 + \frac{-19 - 0,113}{-20,901 - 0,113} \cdot (17500 - 15000) = 17250 \text{ Н}.$$

Точное натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода составляет  $T_0 = 17250 \text{ Н}$  при  $t_0 = -19^\circ\text{C}$ .

### 1.5.5 Натяжение разгруженного несущего троса

Натяжение разгруженного несущего троса определяется по аналогично

$$t_x = A_0 + \frac{B_p}{T_{px}^2} - \frac{T_{px}}{\alpha_n \cdot E_n \cdot S_n}, \quad (1.30)$$

где

$$A_0 = t_0 - \frac{g_0^2 \cdot L_{\text{Э}}^2}{24 \cdot \alpha_n \cdot T_0^2} + \frac{T_0}{\alpha_n \cdot E_n \cdot S_n}, \quad (1.31)$$

$$B_p = \frac{q_n^2 \cdot L_{\text{Э}}^2}{24 \cdot \alpha_n}. \quad (1.32)$$

где  $q_n$  – нагрузка от собственного веса несущего троса, Н/м.

Задаваясь различными значениями  $T_{px}$ , определяются температуры  $t_x$ . По результатам расчетов строится первая монтажная кривая  $T_p(t)$  (рис. 1.1), по которой составляется монтажная таблица 1.3

$$A_0 = -19 - \frac{31,91^2 \cdot 61,57^2}{408 \cdot 10^{-6} \cdot 17250^2} + \frac{17250}{253,6} = 17,202 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$B_p = \frac{12,447^2 \cdot 61,57^2}{408 \cdot 10^{-6}} = 1,44 \cdot 10^9;$$

Расчет произведем для  $t = -38 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

$$T_p' = 15000 \text{ Н};$$

$$t_p' = 17,202 + \frac{1,44 \cdot 10^9}{15000^2} - \frac{15000}{253,6} = -35,548 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$T_p'' = 16000 \text{ Н};$$

$$t_p'' = 17,202 + \frac{1,44 \cdot 10^9}{16000^2} - \frac{16000}{253,6} = -40,266 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_{pl} = 15000 + \frac{-38 + 35,548}{-40,266 + 35,548} \cdot (1600 - 15000) = 15520 \text{ Н.}$$

Расчет произведем для  $t = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$T_p' = 5500 \text{ Н};$$

$$t_p' = 17,202 + \frac{1,44 \cdot 10^9}{5500^2} - \frac{5500}{253,6} = 43,102 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_p'' = 6000 \text{ Н};$$

$$t_p'' = 17,202 + \frac{1,44 \cdot 10^9}{6000^2} - \frac{6000}{253,6} = 33,529 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_{pl} = 5500 + \frac{35 - 43,102}{33,529 - 43,102} \cdot (6000 - 5500) = 5923 \text{ Н};$$

$$\text{шаг: } = \frac{15520 - 5923}{9} = 1066 \text{ Н.}$$

### 1.5.6 Стрелы провеса разгруженного несущего троса

Стрелы провеса разгруженного несущего троса при температурах  $t_x$  в реальных пролетах  $L_i$  выбранного анкерного участка определяются по формуле:

$$F_{pxi} = \frac{g_n \cdot L_i^2}{8 \cdot T_{px}}, \quad (1.33)$$

Произведем расчет для максимального пролета равного 70 м и натяжению разгруженного несущего троса равного 15520 Н

$$F_{px1} = \frac{12,447 \cdot 70^2}{8 \cdot 15520} = 49,1 \text{ см.}$$

### 1.5.7 Определение натяжений нагруженного несущего троса при изменении температуры



## Натяжение нагруженного несущего троса при изменении температуры

$$t_x = A_0 + \frac{B_x}{T_x^2} - \frac{T_x}{\alpha_H \cdot E_H \cdot S_H}, \quad (1.34)$$

где  $A_0$  – см. формулу (1.31)

$$B_x = \frac{q_x^2 \cdot L_{\text{Э}}^2}{24 \cdot \alpha_H}, \quad (1.35)$$

Величина  $q_x$  представляет собой результирующую нагрузку на несущий трос, которая принимается равной  $g_0$ . В результате расчетов по (1.34), строим еще одну монтажную кривую  $T_x(t_x)$  (рис. 1.1)

$$B_x = B_0 = 9,461 \cdot 10^9,$$

$$A_0 = 17,202.$$

Расчет произведем для  $t = -38$  °С.

$$T_H' = 19800 \text{ Н};$$

$$t_H' = 17,202 + \frac{9,461 \cdot 10^9}{19800^2} - \frac{19800}{253,6} = -36,741 \text{ °С};$$

$$T_H'' = 20100 \text{ Н};$$

$$t_H'' = 17,202 + \frac{9,461 \cdot 10^9}{20100^2} - \frac{20100}{253,6} = -38,639 \text{ °С};$$

$$T_{\text{н1}} = 19800 + \frac{-38 + 36,741}{-38,639 + 36,741} \cdot (20100 - 19800) = 20000 \text{ Н}.$$

Расчет произведем для  $t = 35$  °С.

$$T_H' = 11800 \text{ Н};$$

$$t_H' = 17,202 + \frac{9,461 \cdot 10^9}{11800^2} - \frac{11800}{253,6} = 38,62 \text{ °С};$$

$$T'' = 12200 \text{ Н};$$

$$t'' = 17,202 + \frac{9,461 \cdot 10^9}{12200^2} - \frac{12200}{253,6} = 32,66 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_{\text{н1}} = 11800 + \frac{35 - 38,62}{32,66 - 38,62} \cdot (12200 - 11800) = 12040 \text{ Н};$$

$$\text{шаг: } = \frac{20000 - 12040}{9} = 884 \text{ Н.}$$

### 1.5.8 Расчеты натяжения несущего троса при режимах с дополнительными нагрузками

Расчеты натяжения несущего троса при режимах с дополнительными нагрузками производятся по (1.34), где все величины с индексом  $x$  относятся к искомому режиму. Полученные в результате интерполяции натяжения наносятся на графике  $T_x(t_x)$  двумя точками:  $T_z$  и  $T_g$  (рис. 1.1).

$$B_r = \frac{40,089^2 \cdot 61,57^2}{408 \cdot 10^{-6}} = 4,794 \cdot 10^{10};$$

при  $t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$T' = 17500 \text{ Н};$$

$$t'_r = 17,202 + \frac{4,794 \cdot 10^{10}}{17500^2} - \frac{17500}{253,6} = -3,05 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T'' = 18000 \text{ Н};$$

$$t''_r = 17,202 + \frac{4,794 \cdot 10^{10}}{18000^2} - \frac{18000}{253,6} = -7,69 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_r = 17500 + \frac{-5 + 3,658}{-6,672 + 3,658} \cdot (18000 - 17500) = 17710 \text{ Н};$$

$$B_b = \frac{32,742^2 \cdot 61,57^2}{408 \cdot 10^{-6}} = 9,961 \cdot 10^9;$$

при  $t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$T' = 15500 \text{ Н};$$

$$t'_b = 17,202 + \frac{9,961 \cdot 10^9}{15500^2} - \frac{15500}{253,6} = -2,457 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T'' = 16000 \text{ Н};$$

$$t''_b = 17,202 + \frac{9,961 \cdot 10^9}{16000^2} - \frac{16000}{253,6} = -6,98 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$T_b = 15500 + \frac{-5 + 2,457}{-6,98 + 2,457} \cdot (16000 - 15500) = 15780 \text{ Н}.$$

### 1.5.9 Стрелы провеса несущего троса

Стрелы провеса несущего троса  $F_{xi}$  в пролете  $L_i$  вычисляются из выражения

$$F_{xi} = \frac{W_{xi} \cdot L_i^2}{8 \cdot Z_{xi}}, \quad (1.36)$$

где

$$W_{xi} = q_x \left( 1 + \frac{g \cdot \phi_{xi} \cdot K}{g_x \cdot T_0} \right), \quad (1.37)$$

При отсутствии дополнительных нагрузок (гололед, ветер)  $q_x = g_x = g$ , поэтому приведенная нагрузка в рассматриваемом случае

$$W_{xi} = g \cdot \left( 1 + \frac{\phi_{xi} \cdot K}{T_0} \right), \quad (1.38)$$

$$Z_{xi} = T_x + \phi_{xi} \cdot K, \quad (1.39)$$

$$\phi_{xi} = \frac{\lambda_i}{1 + \frac{(1-\lambda_i) \cdot K}{T_x}}, \quad (1.40)$$

$$\lambda_i = \frac{(L_i - 2c_i)^2}{L_i^2}. \quad (1.41)$$

Стрелы провеса контактного провода и его вертикального перемещения у опор для реальных пролетов определяются соответственно по формулам

$$f_{xi} = \phi_{xi} (F_{xi} - F_{0i}), \quad (1.42)$$

$$\Delta h_{xi} = (1 - \phi_{xi}) \cdot (F_{xi} - F_{0i}), \quad (1.43)$$

$$F_{0i} = \frac{g \cdot L_i^2}{8 \cdot T_0}, \quad (1.44)$$

По результатам расчетов строим зависимости  $F(t)$  и  $f(t)$  см. рисунок 1.3.

Произведем расчет контрольной точки по формулам (1.36) – (1.44), соответствующей  $t = -38$  °С и  $L_{пр} = 70$  м. (см. табл. 1.4)

$$\lambda_1 = \frac{(70 - 2 \cdot 10)^2}{70^2} = 0,51;$$

$$\phi_{x1} = \frac{0,51}{1 + (1 - 0,51) \cdot \frac{20000}{20000}} = 0,342;$$

$$Z_{x1} = 20000 + 0,342 \cdot 20000 = 26850; \text{ Н}$$

$$W_{x1} = 31,91 \cdot \left( 1 + 0,342 \cdot \frac{20000}{17250} \right) = 44058 \text{ Н/м};$$

$$F_{x1} = 44,58 \cdot \frac{70^2}{8 \cdot 26850} = 1,017 \text{ м};$$

$$F_{01} = 31,91 \cdot \frac{70^2}{8 \cdot 17250} = 1,133 \text{ м};$$

$$f_{x1} = 0,342 \cdot (1,017 - 1,133) = -0,04 \text{ м};$$

$$\Delta h_{x1} = (1 - 0,342) \cdot (1,017 - 1,133) = -0,076 \text{ м}.$$

Результаты механического расчета сведены в монтажные таблицы 1.3, 1.4 и 1.5, по которым построены монтажные кривые, (приложения А, Б, В, Г).

Таблица 1.3 – Результаты механического расчета для разгруженного несущего троса

Температура	Натяжение	Стрелы провеса при длинах пролетов		
		$L_{пр} = 70\text{м}$	$L_{пр} = 54\text{м}$	$L_{пр} = 38\text{м}$
$t, ^\circ\text{C}$	$T, \text{Н}$	$F, \text{см}$	$F, \text{см}$	$F, \text{см}$
-38	15520	49.1	29.2	14.5
-33	14450	52.7	31.4	15.5
-27.5	13390	56.9	33.9	16.8
-22	12320	61.9	36.8	18.2
-16	11260	67.7	40.3	20
-9	10190	74.8	44.5	22
-1.5	9124	83.6	49.7	24.6
8	8058	94.6	56.3	27.9
19	6992	109	64.9	32.1
35	5926	128.6	76.6	37.9

*Примечание:*  $T_0 = 17250 \text{ Н}$  – натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода;

$T_B = 15780 \text{ Н}$  – натяжение несущего троса в режиме максимального ветра при температуре  $t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

$T_r = 17710 \text{ Н}$  – натяжение несущего троса в режиме гололеда при температуре  $t = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Таблица 1.4 – Результаты механического расчета для нагруженного несущего троса

Температура	Натяжение	Стрелы провеса при длинах пролетов					
		$L_{пр} = 70$ м		$L_{пр} = 54$ м		$L_{пр} = 38$ м	
1	2	3	4	5	6	7	8
$t, ^\circ\text{C}$	$T, \text{H}$	$F, \text{см}$	$f, \text{см}$	$F, \text{см}$	$f, \text{см}$	$F, \text{см}$	$f, \text{см}$
- 38	20000	101,7	- 4	60	- 1,8	29,3	0
- 33	19120	105,1	- 2,8	62,2	- 1,3	30,5	0

Окончание таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8
- 27,5	18230	108,8	- 1,5	64,6	0	31,8	0
- 22	17350	112,8	0	67,1	0	33,2	0
- 16	16460	117,2	1,3	70	0	34,8	0
- 9	15580	122	2,7	73	1,3	36,5	0
- 1,5	14700	127,2	4,2	76,5	2	38,4	0
8	13810	133	5,9	80,3	2,7	40,6	0
19	12930	139,4	7,6	84,5	3,5	43	0
35	12040	146,7	9,4	89,4	4,3	45,8	1,2

## 1.7 Расчет и выбор опор контактной сети

Расчет опор осуществляется в следующем порядке: определяются нагрузки от воздействия проводов; строится схема опоры, на которой намечаются нагрузки; определяется максимальный изгибающий момент. Выбирается опора согласно [4, 7, 8].

Расчетные значения удобно свести в таблицу (табл. 1.5).

Таблица 1.5 – Таблица линейных нагрузок

Вид нагрузок	Значения нагрузок при режимах:		
	Минимальная температура	гололед с ветром	Максимальный ветер
Нагрузка от контактной подвески, Н/м	27,8	32,29	27,8
Ветровая нагрузка на несущий трос, Н/м	-	3,91	6,05
То же, но на контактный провод, Н/м	-	4,68	7,03
Вес кронштейна	600	1000	600

На рисунке 1.1 представлена расчетная схема опоры.

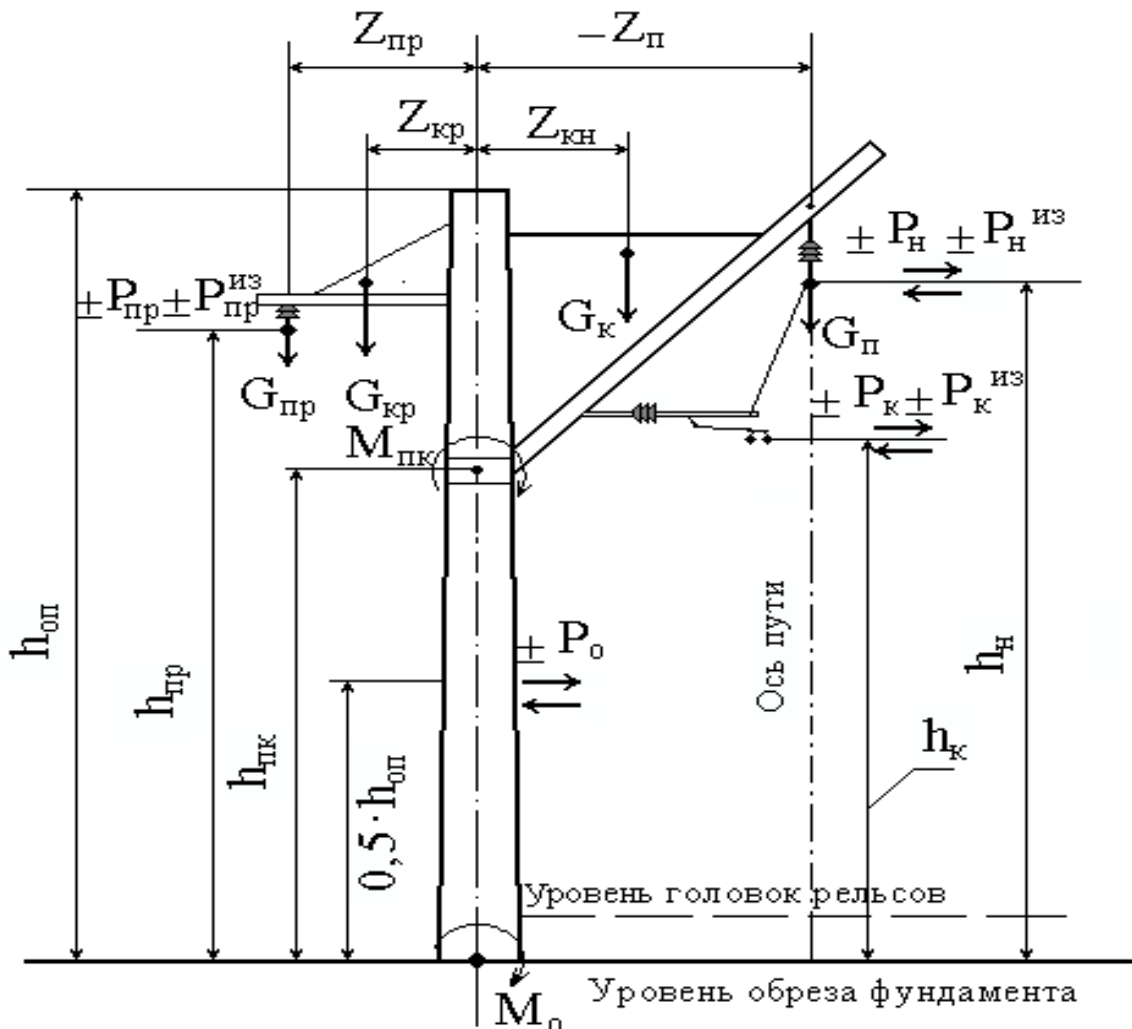


Рисунок 1.1 – Схема для расчета и выбора опор

Производится расчет внешних сил действующих на опору. Вертикальная нагрузка от веса контактной подвески

$$G_{ni} = g_i \cdot L + G_{\text{ц}} + G'_{\phi}, \quad (1.45)$$

где  $g_i$  – линейная нагрузка от веса подвески в  $j$ -ом режиме, Н/м;  
 $L$  – расчетная длина пролета, равная полусумме длин пролетов смежных с расчетной опорой, м  
 $G_{\text{ц}}$  – нагрузка от веса изоляторов, принимаемая при расчетах 150 Н,  
 $G_{\phi}$  – нагрузка от веса половины фиксаторного узла,  $G'_{\phi} = 200$  Н.

Горизонтальная нагрузка на опору под действием ветра на провода КС

$$P_j^i = p_j^i \cdot L, \quad (1.46)$$

где  $p_j^i$  – линейная ветровая нагрузка на  $i$ -ый провод контактной сети при  $j$ -ом режиме, Н/м;  
 $i$  – провод контактной сети (н – несущий трос, к – контактный провод).

Усилие на опору от изменения направления провода на кривой

$$P_{\text{изк}Pj}^i = H_j^i \cdot \frac{L}{R}, \quad (1.47)$$

где  $H_j^i$  – натяжение  $i$ -го провода в  $j$ -том режиме, Н;  
 $R$  – радиус кривой.

Нагрузка на опору от изменения направления проводов при отводе его на анкерровку

$$P_{\text{изан}i}^i = H_j^i \cdot \frac{Z}{L}, \quad (1.48)$$

где  $Z = \partial + 0,5 \cdot D$  – расстояние от оси пути до места крепления анкеровки



Усилие от изменения направления контактных проводов при зигзагах на прямых участках пути, если они имеют на соседних опорах равные по величине и противоположные по направлению значения

$$P_3 = K \cdot \frac{4 \cdot a}{L}, \quad (1.49)$$

где  $a$  – величина зигзага на прямом участке пути, м.

Нагрузка от давления ветра на опору определяется из выражения

$$P_{onj} = 0,615 \cdot c_x \cdot V_p^2 \cdot S_{on}, \quad (1.50)$$

где  $c_x$  – аэродинамический коэффициент, для ж./б. опор  $c_x = 0,7$ ;

$V_p$  – расчетная скорость ветра, м/с;

$S_{on}$  – площадь поверхности, на которую действует ветер.

$$S_{on} = \frac{d + D}{2} \cdot h. \quad (1.51)$$

Расчетные нагрузки и натяжения сведены в таблицы 1.6, 1.7, 1.8.

Таблица 1.6 – Расчетные нагрузки и натяжения

Параметр	Расчетный режим	
	Гололед	$V_{max}$
Нагрузка от веса контактной подвески, Н/м	32,29	27,8
Ветровая нагрузка на несущий трос, Н/м	3,91	6,05
Ветровая нагрузка на контактный провод, Н/м	4,68	7,03
Нагрузка от веса прочих проводов, Н/м	16	9,8
Ветровая нагрузка на прочие провода, Н/м	16	16
Натяжение прочих проводов, Н/м	26300	26300

Натяжение несущего троса, Н/м	14500	14500
Натяжение контактного провода, Н/м	20000	20000
Расчетная скорость ветра, м/с	15	25

Таблица 1.7 – Вес кронштейнов, консолей и плечи действия вертикальных нагрузок

Параметр	Промежуточ. на прямой	Промежуточ. на кривой	Переходная на прямой	Анкерная на прямой
Вес консоли, Н	39	66	71	39
Вес кронштейна, Н	600	600	600	600
$Z_{п,м}$	3,3	3,3	3,3	3,3
$Z_{к,м}$	1,8	1,8	1,8	1,8
$Z_{пр,м}$	2	2	2	2
$Z_{кр,м}$	1	1	1	1
Максимальная длина пролета, м	70	64	65	64

Высота точек приложения горизонтальных сил относительно основания опоры, м

- несущего троса  $h_n = 8,55$ ;
- контактного провода  $h_k = 6,75$ ;
- усиливающего провода  $h_{пр} = 8,8$ ;
- пяты консоли  $h_{пт} = 5,5$ ;
- высота опоры  $h_{оп} = 9,6$ .

Таблица 1.8 Расчетные нагрузки на опору контактной сети

Назначение опоры	Расчетный режим	Значения нагрузки на опоры, Н										
		$G_{п}$	$G_{кн}$	$G_{пр}$	$G_{кр}$	$P^H_{в}$	$P^K_{в}$	$P^{пр}_{в}$	$P^H_{из}$	$P^K_{из}$	$P^{пр}_{из}$	$P_{оп}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Проме- жуточ- ная	$t_{min}$	2135	660	810	254	822	962	1427	–	364	–	19 53
	голо- лед	2510	89	1270	650	274	301	1120	–	343	–	33 5
на прямой	$V_{max}$	2196	39	836	600	424	587	1120	–	343	–	93 1

Промежуточная	$t_{\min}$	1757	770	670	254	647	758	1124	1733	1733	1560	1953
	гололед	2058	116	1046	650	219	241	896	1353	1867	2455	335
на кривой	$V_{\max}$	1807	66	699	600	339	470	896	1353	1867	2455	931

Окончание таблицы 1.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Переходная	$t_{\min}$	1919	660	730	254	722	846	1254	1103	1517	—	1953
	гололед	2349	121	1190	650	254	280	1040	736	1385		335
на прямой	$V_{\max}$	2057	71	787	600	393	545	1040	736	1385		931
Анкерная	$t_{\min}$	2135	660	810	254	822	962	1427	—	364	—	1953
на прямой	гололед	2317	89	1174	650	250	275	1024		375		335
	$V_{\max}$	2029	39	777	600	387	537	1024		375		931

Суммарные изгибающие моменты от внешних сил при расчетных режимах относительно условного обреза опоры определяется из выражения

$$\begin{aligned}
M_{oj} = & n_n \cdot G_{ni} \cdot Z_n + n_{кн} \cdot G_{кн} \cdot Z_{кн} - n_{пр} \cdot G_{пр} \cdot Z_{пр} - n_{кр} \cdot G_{кр} \cdot Z_{кр} + \\
& + h_n \cdot (\pm P_{vj}^H \pm P_{изj}^H) + h_k \cdot (\pm P_{vj}^K \pm P_{изj}^K) + \\
& + h_{пр} \cdot (\pm P_{vj}^{np} \pm P_{цкj}^{np}) + 0,5 \cdot h_{он} \cdot P_{онj};
\end{aligned}
\tag{1.52}$$

$$\begin{aligned}
M_{об} = & 2 \cdot 2058 \cdot 3,3 + 1 \cdot 1000 \cdot 1,8 - 2 \cdot 1046 \cdot 2 - 1 \cdot 650 \cdot 1 + 8,55 \cdot (219 + 1353) + \\
& + 6,75 \cdot (241 + 1867) + 8,8 \cdot (896 - 1353) + 0,5 \cdot 9,6 \cdot 335 = 35804,8 \text{ Н/м};
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{об} = & 2 \cdot 1807 \cdot 3,3 + 1 \cdot 1000 \cdot 1,8 - 2 \cdot 1046 \cdot 2 - 1 \cdot 600 \cdot 1 + 8,55 \cdot (339 + 1353) + \\
& + 6,75 \cdot (470 + 1867) + 8,8 \cdot (918 - 1353) + 0,5 \cdot 9,6 \cdot 931 = 39824,35 \text{ Н/м}.
\end{aligned}$$

Изгибающие моменты от внешних сил относительно пяты консоли для переходной опоры определяется из выражения

$$M_{mkj} = n_n \cdot G_n \cdot Z_n + n_{кн} \cdot G_{кн} \cdot Z_{кн} - n_{ип} \cdot G_{ип} \cdot Z_{ип} - n_{кр} \cdot G_{кр} \cdot Z_{кр} + (h_n - h_{nm}) \times \\ \times (\pm P_{вj}^H \pm P_{изj}^H) + (h_n - h_{nm}) \cdot (\pm P_{вj}^K \pm P_{изj}^K) + (h_n - h_{nm}) \cdot (\pm P_{вj}^{\kappa} \pm P_{изj}^{\kappa}) \pm P_{онj} \cdot \frac{(h_{он} - h_{nm})^2}{2 \cdot h_{он}};$$

(1.53)

$$M_{об} = 1 \cdot 2058 \cdot 3,3 + 1 \cdot 116 \cdot 1,8 - 2 \cdot 1046 \cdot 3,31 - 650 \cdot 1 + (8,55 - 5,5) \cdot (219 + 1353) + \\ + (8,55 - 5,5) \cdot (241 + 1867) + (8,8 - 5,5) \cdot (896 - 2455) + 335 \cdot \frac{(9,6 - 5,5)^2}{2} \cdot 9,6 = \\ = 32925,21 \text{ Н/м};$$

$$M_{об} = 1 \cdot 1807 \cdot 3,3 + 1 \cdot 66 \cdot 1,8 - 2 \cdot 1046 \cdot 3,31 - 600 \cdot 1 + (8,55 - 5,5) \cdot (339 + 1353) + \\ + (8,55 - 5,5) \cdot (470 + 1867) + (8,8 - 5,5) \cdot (-896 - 2455) + 931 \cdot \frac{(9,6 - 5,5)^2}{2} \cdot 9,6 = \\ = 47961,3 \text{ Н/м}.$$

По наибольшему изгибающему моменту выбираем в качестве опор контактной сети железобетонные стойки: СС-136,6 при выполнении следующих условий

$$M_o < M_H;$$

(1.54)

$$M_{nm} < 0,5 \cdot M_H,$$

где  $M_H$  – нормативный момент выбранного типа опоры, кН·м.

Согласно, технического указания НР К-08/11 от 27.12.2011 г. НР ЦЭТ-2/56 [7], которое требует при проведении новой электрификации, реконструкции, обновлении и капитальном ремонте контактной сети применять только отдельные опоры контактной сети с установкой стоек опор на фундаментах с анкерными болтами, а именно опоры с анкерным креплением типа ССА (ССП) либо металлические опоры с установкой на фундаментах типа

ТСА-4.0-3 (ТСП-4.5-4). Выбираем отдельные металлические опоры типа МС-96-100М с установкой на фундаментах типа ТСА-4.0-3 [8].

## **1.7 Выбор поддерживающих конструкций**

Поддерживающие конструкции – это комплекс устройств (элементов), направленных на изоляцию и удержание проводов на весу. К таким устройствам можно отнести консоли контактной сети, кронштейны усиливающих проводов и кронштейны воздушной линии электропередачи, как правило, питающие устройства СЦБ или устройства продольного электроснабжения. Все эти поддерживающие конструкции располагаются на опоре контактной сети (рис. 1.5) и каждая конструкция требует механический расчет. Основным параметром при таком расчете является суммарная нагрузка гололеда с ветром на применяемые провода. В конструкторских документах на определенные конструкции разработаны нагрузочные диаграммы (рис. 1.6) либо таблицы применения. На рисунке 1.6 представлен полимерный кронштейн производства ООО «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ» г. Екатеринбург [9]. И нагрузочная диаграмма его применения. Так как в большинстве случаев на ВЛ 6-10 кВ применяется провод АС-70, принимаем его за расчетный. Из [7, 10] определяем его нагрузочные характеристики при исходных гололедном и ветровом режимах (см. исх. данные) и сравниваем их с диаграммой (рис. 1.6). Видно, что кронштейн КПВЛТ-3 отвечает требованиям механического расчета и может быть установлен в данном проекте.

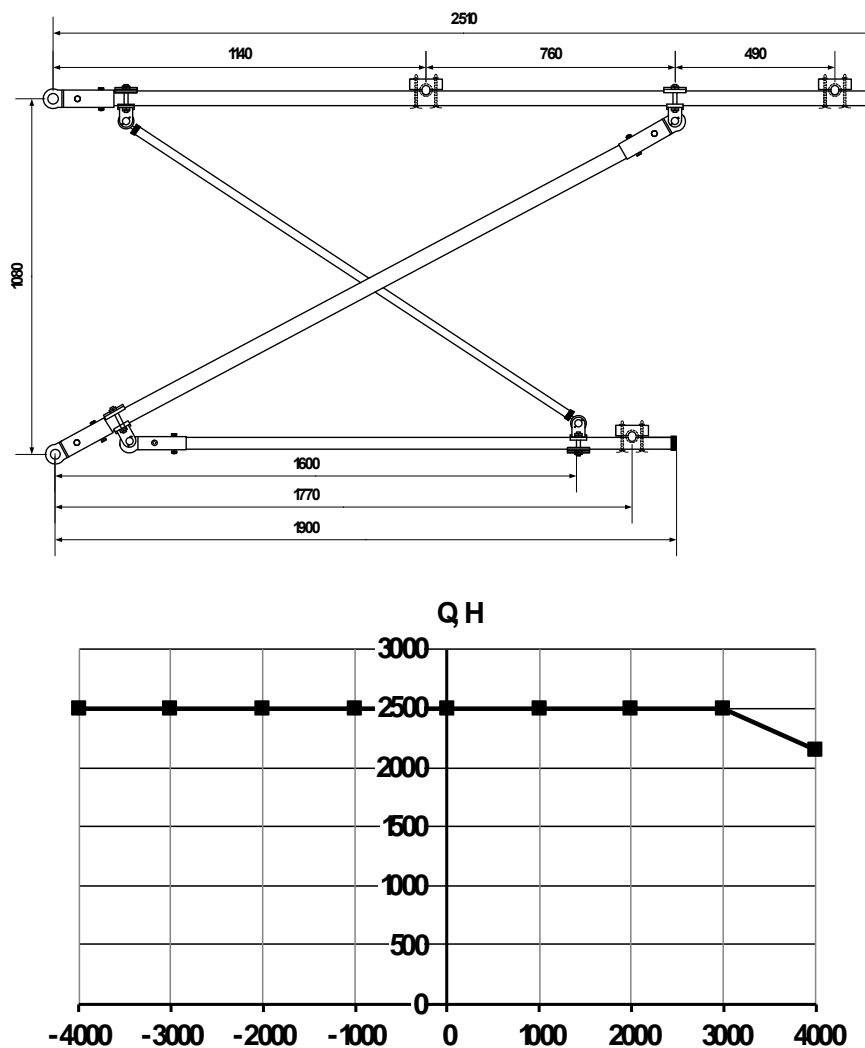


Рисунок 1.6 – Кронштейн полимерный для высоковольтной линии 6-10 кВ с треугольным расположением фаз, вариант исполнения №3

## 1.8 Вывод по разделу

В ведении дипломного проекта были поставлен ряд задач, которые полностью выполнены, а именно: произведен расчет участка контактной сети постоянного тока, определены нагрузки на провода, определены длины пролетов, разработана схема питания и секционирования, выбрано оборудование контактной сети, построен план контактной сети станции и перегона. В работе применены новые виды поддерживающих конструкций (полимерные кронштейны) для ВЛ 6–10 кВ.

## **2 Анализ работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации**

### **2.1 Изоляционные конструкции**

#### **2.1.1 Актуальность дипломного проекта**

В данном дипломном проекте рассмотрим виды изоляционных конструкций, наиболее актуальных и подходящих для рассмотрения и исследования в данном дипломном проекте, а так же сравним их преимущества и недостатки при различных экстремальных условиях эксплуатации, таких как изолятор фарфоровый штыревой марки ШФ-20Г, тарельчатый стеклянный изолятор марки ПС-70, и исследуем и изучим полимерный кронштейн от производства ООО «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ».

#### **2.1.2 Виды изоляционных конструкций**

Фарфоровый штыревой марки ШФ-20Г выполнен из высоковольтного фарфора, предназначен для крепления проводов с укладкой сверху или сбоку, рассчитан на напряжение до 20 кВ.

Стеклянный тарельчатый изолятор марки ПС-70Е выполнен из закаленного стекла и предназначен для подвеса изолятор, с крепление снизу, к песту. Используется на линии до 20 кВ.

Полимерный кронштейн от производства ООО «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ», а именно КПСИП-3 выполнен из композитного материала для линии 6-10 кВ.

## 2.1.3 Рассмотрим анализ работоспособности изоляционных конструкций в экстремальных условиях эксплуатации

### 2.1.3.1 Работоспособность изоляционных конструкций при повышенных и пониженных температурах

Минимальная температура в России равна  $-67\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а максимальная  $+44\text{ }^{\circ}\text{C}$

Таблица 2.1- Диапазон максимальных и минимальных температур изоляционных конструкций

Изоляционная конструкция	$t_{min}$	$t_{max}$
ШФ-20Г	50	60
ПС-70Е	50	60
КПСИП-3	52	62

Из этого следует, что все рассмотренные изоляционные конструкции имеют одинаковые характеристики к максимальной и минимальной температуре, кроме КПСИП-3 изготовленный НПП «ЭЛЕКТРОМАШ». Он имеет более расширенный диапазон температур при которых может работать.

### 2.1.3.2 Птицезащита

При проектировании, строительстве и эксплуатации воздушных линий электропередачи необходимо предусматривать меры по исключению гибели птиц и других объектов животного мира от столкновений и поражения электрическим током при контакте с проводами, элементами опор и другими частями электроустановок.



При выборе эффективной системы мероприятий, направленных на обеспечение безопасности птиц при эксплуатации ЛЭП, необходимо учитывать экологические особенности природных и техногенных комплексов, существующих в зоне расположения отдельных участков ЛЭП.

В первую очередь это относится к линиям электропередачи высокого напряжения, для которых одним из основных аспектов воздействия на объекты животного мира является создание физических препятствий для их передвижения.

В ШФ-20Г происходит следующее, на провод находящийся рядом с изолятором садиться птица и своим телом она задевает часть провода находящегося на изоляторе, происходит перекрытие и птицу убивает.

На ПС-70Е птице вредят другим образом, над изолятором садиться птица, и пометом загрязняет его верхнюю часть, а так как нижняя часть ПС-70Е ребристая, то пестик у него находится под потенциалом и при пыли и других различных загрязнениях, пыль и грязь образовывается на ребрах и происходит перекрытие, только перекрывается не сам изолятор, а воздушный промежуток между ребер, а так как верхняя часть уже у нас загрязнена пометом, происходит перекрытие всего изолятора.

Что касается полимерного кронштейна, расстояние между фазами у него равны 500 мм, перекрытие его произойдет, только в том случае, если всю площадь полимерного кронштейна займут птицы, только в том случае возникнет его перекрытие.

В наше время есть различные способы птицевзащиты, производят различные защитные накладки, на изоляторы различных марок, но несмотря на проделанные работы вопрос с птицевзащитой до сих пор открыт и требует дополнительного внимания.

### 2.1.3.3 Оценка перекрытия полимерного кронштейна, стеклянных и фарфоровых изоляторов при грозových перенапряжениях

На ВЛ используются кронштейны различного типа с соответствующими изоляторами. В таблице 2.2 представлены расчетные значения.

Таблица 2.2 - Расчетные значения для линейной изоляции

Тип кронштейна/изолятора	$U_{\text{ВИН}}$ , кВ	$Z_1$ , Ом	$Z_{\text{пр}}$ , Ом	$I_m$ , кА	$P(I_m)$
КВЛЦ-50/(ПС-70Е)	100	42,53	38,28	5,22	0,811
СИП-3п/(ПС-70Е)	100	42,53	38,28	5,22	0,811
М-2/(ШФ-20Г)	135	57,58	51,82	5,21	0,812
СИП-3/(ШФ-20Г)	135	57,58	51,82	5,21	0,812
КПСИП-3/(нет изоляторов)	180	47,04	42,34	8,51	0,711

По проведенным расчетам следует, что вероятность перекрытия полимерного кронштейна ниже, чем у изоляторов, следовательно, можно предположить, что надежность воздушной линии с использованием полимерного кронштейна будет увеличена. Таким образом, возможна реализация перехода на малообслуживаемые линии, что является одним из перспективных направлений холдинга ОАО «РЖД».

Также отмечено, что повышение надежности защиты от грозových перенапряжений ВЛ 6–10 кВ с железобетонными и металлическими опорами существенно повышается при использовании полимерных траверс, для которых практически безопасны индуктированные перенапряжения и поэтому не требуется защита от индуктированных грозových перенапряжениях.

### 2.1.3.4 Работы изоляционных конструкций в загрязненных районах

Загрязненные районы делятся на 6 пунктов, согласно Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных же-

лезных дорог ЦЭ-197.

У фарфорового изолятора марки ШФ-20Г происходит оседание пыли и не загрязненной остается только зона под юбкой, и только эта зона защищает изолятор. Что касается ПС-70Е то в загрязненных районах таких изоляторов используется два, это увеличивает их длину утечки тока и позволяет работать в исправном состоянии. Полимерный кронштейн КПСИП-3 имеет расстояние между фаз 500 мм, на нем так же оседает пыль и грязь.

Чтобы изменить показатели ШФ-20Г в загрязненных районах, можно изменить его конструкцию, увеличить его ребра ,чтобы улучшить работу КПСИП-3 в загрязненных районах, можно в пространстве между фаз ставить ребра, чтобы увеличить длину тока утечки. Но анализируя работы Кочунова Юрия Александровича , можно сделать вывод что ШФ-20Г можно использовать в загрязненных районах с I-IV, ПС-70Е с I-II,и КПСИП-3 в районах с I-IV.

Самое неблагоприятное загрязнение для работы изоляции это соленый туман, который обволакивает и покрывает весь изолятор, в соленом тумане возможно использование только полимерного кронштейна КПСИП-3, так у него у единственного не происходит перекрытие, как у других.

Изоляционные конструкции в режиме дождя НПП «ЭЛЕКТРОМАШ» была изготовлена камеры дождя предназначены для испытания изделий на воздействие атмосферных осадков (дождя) по методу 218-1 ГОСТ Р В 20.57.416-98. и ГОСТ РВ 20.57.306-98.

Таблица 2.3 – Результаты исследований НПП «Электромаш»

Образец	$I_y$ , мА	Примечание
1	2	3
ШФ-20Г	4 – 20	$U_{исп} = 45$ кВ. Через 2 минуты ток начал расти, видны перекрывающие дуги, ток в среднем 10 – 12 мА, <b>через 4 минуты</b> произошло перекрытие, ток превысил 20 мА. В процессе было испарение влаги с поверхности изолятора. После испытаний следов треков, нагара не зафиксировано
ПС-70Е обр.	3 –	На изолятор удалось подать $U_{исп} = 40$ кВ, в течение <b>49 секунд</b> ,

№1	10	далее изолятор перекрыло. Во время подачи напряжения отчетливо слышны треск, шум, а также видны искры на поверхности стекла, причем внизу юбки.
ПС-70Е обр. №2	3 – 10	$U_{исп} = 40$ кВ. На изолятор плавно подавалось напряжение, во время всего исследования, слышны треск и шум, <b>через 60 секунд</b> с начала испытаний произошло перекрытие.
2 ПС-70Е	1,4	$U_{исп} = 45$ кВ. На протяжении испытаний (5 минут), ток не изменился, но слышен треск (шум).
Стержень 3 ребра	0,9 – 15	$U_{исп} = 45$ кВ. Через 2 минуты ток начал увеличиваться до 10 – 15 мА. Появился пар, слышен треск и шум. В нижней части (со стороны заземления) видны разряды, искры. После <b>5 минут</b> испытаний искры поднимаются вверх. <b>Через 7 минут</b> длина искровой дуги примерно (определено визуально) 25 – 30 см. В процессе происходило подсушивание стержня, однако ток не уменьшался, а находился на уровне 10 – 15 мА.
Стержень 3 ребра и 2 тарелки	1 – 16	$U_{исп} = 45$ кВ. ток постоянно скачет от 1 до 16 мА, происходит подсушивание стержня, дуга, частями, постепенно перемещается по всему стержню, сверху вниз, перекрытия не происходит, постоянной дуги нет.

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3
Стержень 7 ребер	1 – 12	$U_{исп} = 45$ кВ. Через <b>2 минуты</b> ток стал расти до 2 мА. Начал образовываться пар. До первого ребра по поверхности проскакивают искры. После <b>4 минуты</b> так увеличился до 10 – 12 мА, слышен треск и шум, при достижении тока 12 мА, стержень подсушивается ток падает до 0,9 мА. Такая цикличность зафиксирована при проведении испытания в течение 15 минут, через каждые 5 минут ток нарастал (до 12 мА) и опускался до исходного значения (0,9 мА).
Стержень 6 ребер и 2 тарелки	1 – 5	$U_{исп} = 45$ кВ, за время испытания происходит подсушивание стержня, ток колеблется в пределах от 1 до 5 мА. <b>Через 5 минут</b> при увеличении $U_{исп} = 50$ кВ, величина тока находится в

		этих же пределах. Разряды видны от стержня до первого ребра и от последнего ребра до основного диаметра стержня.
Стержень 1 тарелка	0,5	$U_{исп} = 45$ кВ. За время испытаний ( <b>5 минут</b> ) ток не увеличился, следов треков, нагаров не зафиксировано. После испытаний образец поместили в печь с температурой 100 °С на 1,5 часа. Остудили и через сутки повторили испытания дождем, результат оказался такой же, ток 0,5 мА в течение 5 минут, повреждений, треков не зафиксировано.
Горизонтальное расположение стержней		
Гладкий стержень	16 – 20	$U_{исп} = 35$ кВ. На стержень плавно подавалось напряжение, слышны треск и шум, на уровне 30 кВ, ток начал увеличиваться, произошло перекрытие. Разряд идет по окружности.
Стержень 3 ребра	3 – 6	$U_{исп} = 45$ кВ. Стержень полностью покрыт каплями, искровые треки наблюдаются в районе ребер, по основному сечению стержня разрядов нет.
Стержень 6 ребер	1 – 2	$U_{исп} = 45$ кВ. Стержень полностью покрыт каплями. Через 4 минуты ток возрос до 2 мА, но подсушив, ток упал до 0,9 (1) мА. Разряды видны между ребрами. После испытаний участок с ребрами был нагрет, основной стержень холодный.

### Окончание таблицы 2.3

Стержень 1 тарелка	1 – 2	$U_{исп} = 45$ кВ. Стержень полностью покрыт каплями, треск и шум не зафиксирован, через 3 минуты ток возрос до 2 мА, затем подсушив падает до 0,8 (1) мА.
-----------------------	-------	--

В ходе исследований было доказано, что при вертикальном и горизонтальном положении конструкций, влияние дождя в соответствии с 218-1 ГОСТ Р В 20.57.416-98. и ГОСТ Р В 20.57.306-98 , и в данной камере проводились испытание, рассматриваемые нами изоляционные конструкции находились в рабочем положении, были рассмотрены различные варианты изготовления из композитного материала, разная форма и разная конструкция и

изоляторы. В ходе исследований делаем вывод что полимерные кронштейны превосходят ШФ-20Г и ПС-70Е, так как у них происходит перекрытие, у полимерных изолирующих конструкций перекрытие не происходит



### **3 Технико-экономическая эффективность применения полимерных кронштейнов**

В соответствии с постановлением Правительства РФ от 15.05.14 № 445 «О внесении изменений в федеральную целевую программу «Развитие транспортной системы России (2010-2020 годы)» значительная часть бюджетных средств в период до 2020 г. будет направлена на снижение отказов и повышение надежности всех объектов железнодорожной инфраструктуры. По статистическим данным количество отказов поддерживающих конструкций (кронштейнов и изоляторов) ВЛ 6–10 кВ составляет около 10 % от общего числа нарушений электроснабжения устройств СЦБ. Сократить стоимость жизненного цикла поддерживающих конструкций при условии обеспечения высокого уровня надежности и требуемого уровня безопасности перевозочного процесса возможно за счет применения стеклопластика в качестве материала для изготовления кронштейнов воздушных ЛЭП 6–10 кВ устройств СЦБ и ПЭ.

Для технико-экономического обоснования применения полимерного кронштейна проводов рассчитаны за 10-летний период сравнительные строительно - эксплуатационные затраты на металлические кронштейны и на полимерный кронштейн КПСИП-3 с целью выбора экономически эффективного варианта, исходя из минимума приведенных затрат.

Расчет произведен на 1 км воздушной линии при средней длине пролета 60 м, следовательно для 15 кронштейнов.



На первом этапе определены капитальные затраты по формуле

$$K = M + T + Z_{пл} + O_{с.н}, \quad (3.1)$$

- где М – затраты на материалы, руб.;
- Т – затраты на топливо, руб.;
- $Z_{пл}$  – затраты труда на монтаж кронштейнов 1 км ВЛ, руб.;
- $O_{с.н}$  – отчисления на социальные нужды (30,4 % от фонда оплаты труда), руб.

Затраты на материалы с учетом всех элементов поддерживающей конструкции (изоляторов, вязок проводов, арматуры и т. д.) представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Затраты на материалы

Тип кронштейна	Цена, руб.	Арматура, руб.	Бугель большой, руб.	Бугель малый, руб.	Скоба, руб.	Цена изолятора, руб.	Цена вязки, руб.	Цинкование, руб.	Цена конструкции, руб.	Кол-во на 1 км, шт.	Стоимость на 1 км, руб.
КВЛЦ-50	4648	0	334	418	160	2340	0	15255	23155	15	347325,0
СИП-3п	4094	0	335	418	160	2340	0	12906	20253	15	303795,0
СИП-3	5180	0	0	0	160	348,57	300	13851	19839,57	15	297593,6
М2	8637	0	0	0	0	348,57	300	19818	29103,57	15	436553,6
КПСИП-3	2623	2383	0	0	0	0	0	78	5084	15	76260,0

Затраты на топливо связаны с доставкой оборудования и персонала к месту выполнения работ. Так как кронштейны имеют разную массу (таблица 4.2), необходимо использовать транспортные средства различной грузоподъемности: для металлических кронштейнов – ГАЗ-66 с расходом топлива 32 л на 100 км, для полимерного кронштейна – УАЗ-452/УАЗ-3742 с расходом топлива 15,4 л на 100 км.

Таблица 3.2 – Масса кронштейнов

Тип кронштейна	Масса кронштейна, кг	Масса и количество изоляторов, кг×шт.	Наличие вязки, кг×шт.	Общая масса, кг	Количество на 1 км, шт.	Общая масса на 1 км, кг
КВЛЦ-50	35,5	3,5×6	–	56,5	15	847,5
СИП-3п	26,8	3,5×6	–	47,8	15	717
СИП-3	39,3	3,5×3	0,5×3	51,3	15	769,5
М2	61,4	3,5×3	0,5×3	73,4	15	1101
КПСИП-3	28,56	–	–	28,56	15	428,4

Суммарные капитальные затраты на установку кронштейнов приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Капитальные затраты на установку кронштейнов проводов

Тип кронштейна	Стоимость кронштейна, руб.	Топливо, руб.	Заработная плата, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.	Суммарные затраты, руб.
КВЛЦ-50	347325	1040,0	6224,1	1892,12	356481,21
СИП-3П	303795	1040,0	6224,1	1892,12	312951,21
СИП-3	297593	1040,0	6224,1	1892,12	306749,81
М2	436553	1040,0	9436,5	2868,71	449898,84
КПСИП-3	76260	500,5	5621,7	1709,02	84091,28

Как видно из таблицы 3.1, наибольшие затраты приходятся на долю металлических кронштейнов, особенно на М-2, а наименьшие соответствует кронштейну типа КПСИП-3.

К эксплуатационным расходам отнесены затраты труда, связанные с текущим содержанием и ремонтом кронштейнов, отчисления на социальные нужды, амортизационные отчисления.

Затраты на оплату труда при определенном виде технических работ (техническое обслуживание № 1, № 2, № 3, технический ремонт) опре-

делены с учетом периодичности обслуживания поддерживающих конструкций ВЛ СЦБ и ПЭ, состава бригады и норм времени.

Амортизационные отчисления представляют собой накопления, предназначенные для замены оборудования по истечении срока его службы. Они зависят от стоимости объектов основных средств и срока эксплуатации и включаются в затраты предприятия.

Суммарная величина годовых эксплуатационных расходов приведена в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Эксплуатационные расходы на обслуживание кронштейнов проводов

Тип кронштейна	Заработная плата, руб.	Отчисления на социальные нужды, руб.	Амортизационные отчисления, руб.	Суммарные эксплуатационные затраты, руб.
КВЛЦ-50	10663,25	3241,6	11577,5	25482,4
СИП-3п	10663,25	3241,6	10126,5	24031,4
СИП-3	8231,86	2502,5	8502,7	19237,0
М2	8231,86	2502,5	12473,0	232017,3
КПСИП-3	6046,29	1838,1	1906,5	9790,9

Согласно данным таблицы 3.4, наименьшая величина годовых эксплуатационных расходов приходится на полимерный кронштейн КПСИП-3 – 9791 руб. в расчете на 1 км линии. Причем наибольшую долю в структуре затрат занимает заработная плата с отчислениями на социальные нужды – 80,5 %.

Так как сравниваемые варианты отличаются только размерами потребных инвестиций и эксплуатационными расходами, то наиболее эффективное решение будет отвечать минимуму приведенных затрат:

$$Z_{np} = \sum_{t=0}^T \frac{K_t}{(1+E)^t} + (1-\gamma) \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+E)^t}, \quad (3.2)$$

где  $T$  – горизонт расчета;

$t$  – шаг расчета;

$K_t$  – капитальные затраты периода  $t$ ;

$E$  – норма дисконта ( $E = 0,1$ );

$\gamma$  – доля налоговых отчислений в приросте прибавочного продукта  
( $\gamma = 0,2$ );

$C_t$  – эксплуатационные затраты периода  $t$ .

На рисунке 4.1 представлены результаты расчета приведенных строительно-эксплуатационных затрат по вариантам за период  $T = 10$  лет.

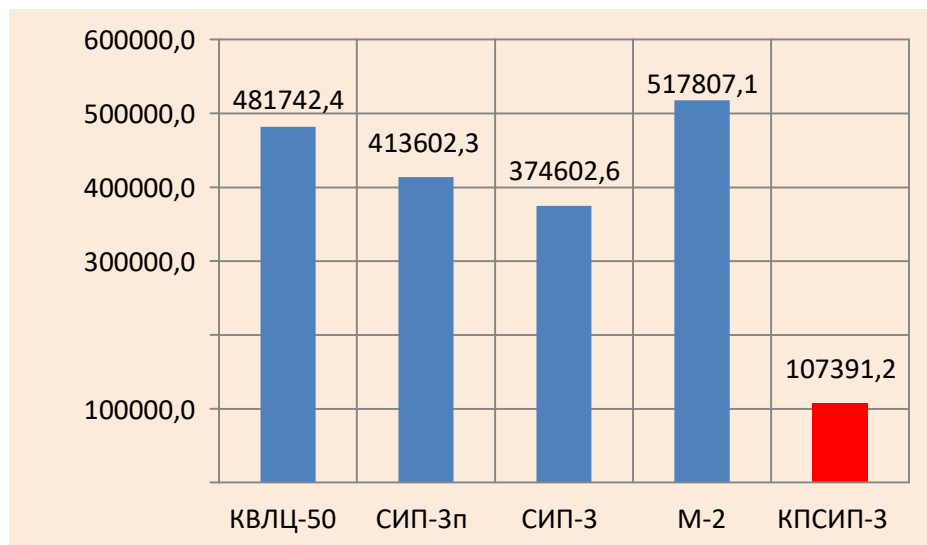


Рисунок 4.1 – Приведенные строительно-эксплуатационные затраты по типам кранштейнов

На последнем этапе произведена оценка экономического эффекта при внедрении и эксплуатации кронштейна, выполненного из композитного материала, за период 10 лет (рисунок 4.2).

Выполненное технико-экономическое сравнение [152] показало, что полимерный кронштейн проводов характеризуется минимумом приведенных затрат, т. е. обладает наибольшим экономическим эффектом, чем металлические аналоги. Следовательно, он является перспективным для применения при капитальном ремонте и строительстве новых воздушных ЛЭП 6–10 кВ устройств СЦБ и ПЭ.

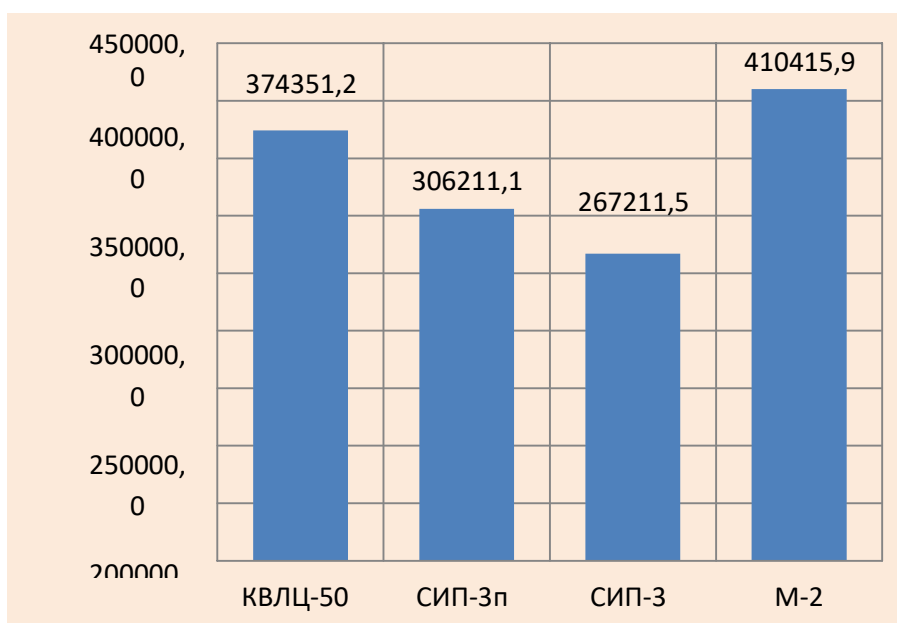


Рисунок 4.2 – Экономический эффект от внедрения полимерного кронштейна

Выполненное технико-экономическое сравнение показало, что полимерный кронштейн характеризуется минимумом приведенных затрат, т. е. обладает наибольшим экономическим эффектом, чем металлические аналоги. Следовательно, он является перспективным для применения при капитальном ремонте и строительстве новых воздушных ЛЭП 6–10 кВ устройств СЦБ и ПЭ.

## **. 4 Безопасность жизнедеятельности**

### **4.1 Безопасность производства работ при проверке состояния и ремонта кронштейнов**

#### **4.1.1 Актуальность задачи**

Воздействия электрического тока на человека чрезвычайно разнообразны. Они зависят от множества факторов. По характеру воздействия различают: термические, биологические, электролитические, химические и механические повреждения.

Степень поражения электрическим током зависит от общего электрического сопротивления или обратного ему параметра – проводимости организма, которые зависят от индивидуальных особенностей тела человека параметров электрической цепи (напряжение, сила и род тока, частота колебаний), под действие которой попал человек:

- пути прохождения тока через тело человека;
- условий включения в электросеть;
- продолжительности воздействия;
- условий внешней среды (температура, влажность, наличие токопроводящей пыли и др.).

При установке фиксирующих устройств производятся работы на высоте, а также работы с применением грузоподъемных машин и механизмов (автомотрисы), что увеличивает риск получения травм как от вращающихся механизмов и отдельных частей конструкции, так и от падения с высоты.

Работы на высоте являются опасным видом работ, с производством которых связано большое количество несчастных случаев. Верхолазными считаются работы, выполняемые на высоте более 5 м от поверхности земли, перекрытия или рабочего настила, над которыми производятся работы

непосредственно с конструкцией или оборудованием при их монтаже или ремонте.

Работы с применением грузоподъемных машин и механизмов могут сопровождаться отскоком вращающихся частей машины или механизма, а также падением перемещаемых и устанавливаемых конструкций с высоты, что приводит к получению травм (переломов, сотрясений и т.д.) вплоть до летального исхода .

#### **4.1.2 Нормативные требования в области безопасности и экологии**

Для обеспечения безопасных условий работы при комплексной проверке состояния и ремонта кронштейнов, стоек и надставок для подвешивания усиливающих, питающих и других проводов контактной подвески должны выполняться организационные и технические мероприятия.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работы, являются:

а) оформление работы нарядом, распоряжением, в порядке текущей эксплуатации или приказом руководителя работ (начальник или электромеханик района контактной сети с квалификационной группой V, который несет ответственность как за безопасное производство работ, так и за перемещение грузов кранами). Один из членов бригады должен иметь удостоверение стропальщика;

б) проведение выдающим наряд, распоряжение инструктажа производителю работ (наблюдающему);

в) выдача разрешения на подготовку места работы;

г) допуск к работе;

д) инструктаж членам бригады;

е) надзор во время работы;

ж) оформление перерывов в работе, перевод на другое рабочее место, окончание работы.

#### **4.1.3 Порядок выдачи и оформления наряда**



Наряд выписывается оперативному персоналу непосредственно перед началом подготовки рабочего места. Выдавать наряд производителю работ накануне проведения работ не разрешается. Наряд на работу выписывается в двух экземплярах. Он заполняется под копирку при соблюдении четкости и ясности записей в обоих экземплярах. Исправления и перечеркивания написанного текста не допускается. Допускается передача наряда по телефону лицом, выдающим наряд, старшему лицу и оперативного персонала данного объекта или ответственному руководителю. При этом наряд заполняется в трех экземплярах: один экземпляр заполняет лицо, выдающее наряд, а два — лицо, принимающее его по телефону. При передаче наряда по телефону лицо, выдающее наряд, диктует его текст, (в форме телефонограммы), а лицо, принимающее текст, заполняет бланки наряда с обратной проверкой. При этом вместо подписи лица, выдающего наряд, указывается его фамилия, подтверждаемая подписью принимающего текст. Допуск к работе по наряду, переданному по телефону, производится в общем порядке. Один экземпляр наряда должен находиться у производителя, другой наряд выписывается на одного производителя работ (наблюдающего) с одной бригадой. На руки производителю выдается только один наряд. На однотипные работы, выполняемые без снятия напряжения одной бригадой, может быть выдан один общий наряд для поочередного производства. Все рабочие места на одном присоединении должны быть подготовлены одновременно до начала выполнения работ.

При работе по наряду бригада должна состоять не менее чем из двух человек: производителя работ и члена бригады. В бригаду, руководимую производителем работ, на каждого ее члена с группой по электробезопасности 3 могут быть включены не более трех человек из электротехнического персонала с группой 2, при условии, что в составе бригады есть лица, их обучающие .

#### **4.1.4 Допуск бригады к работе по наряду**

Перед допуском к работе ответственный руководитель и производитель работ совместно с допускающим проверяют выполнение технических мероприятий по подготовке рабочего места. После проверки подготовки рабочих мест ответственный руководитель работ должен расписаться в предназначенной для этого строке на оборотной стороне наряда (только в первичном допуске). В случае, когда ответственный руководитель не назначается, подготовку рабочего места проверяет производитель работ, который расписывается в наряде. Изменять предусмотренные нарядом меры по подготовке рабочих мест запрещается .

## **4.2 Безопасность труда при работе во время проверки состояния и ремонта кронштейнов**

Таблица 4.1 – Технологическая карта комплексной проверки состояния и ремонта кронштейнов

Категория Работ	Работа выполняется со снятием напряжения с контактной подвески; непосредственно с опоры или с применением приставной лестницы 9 м; с подъемом на высоту; без перерыва в движении поездов. По наряду и приказу энергодиспетчера. При работе на станционных путях — по согласованию с дежурным по станции.
Состав исполнителей	электромонтер 5 разряда один человек; электромонтер 4 разряда один человек; электромонтер 3 разряда один человек.
Механизмы, приборы, монтажные приспособлен	Лестница приставная 9 м (при работе на конической железобетонной опоре), 1 шт; сигнальные принадлежности, комплект; набор инструмента электромонтера контактной сети, комплект;

<p>ия, инструмент, защитные средства и сигнальные принадлежнос ти</p>	<p>аптечка, комплект; радиостанция переносная, комплект; штанга заземляющая, минимум 2шт; «удочка» веревочная, 1 шт; перчатки диэлектрические, 2 пары; пояс предохранительный, 2шт; каска защитная, 3шт; жилет сигнальный, 3шт.</p>
<p>Подготовител ьные работы и допуск к работе</p>	<p>Накануне работ передать энергодиспетчеру заявку на выполнение работ со снятием напряжения в зоне работ, непосредственно с опоры или с применением приставной; лестницы 9 м, с подъемом на высоту, без перерыва в движении поездов, с указанием времени, места и характера работ;</p> <p>получить наряд на производство работ и инструктаж от лица, выдавшего наряд;</p> <p>в соответствии с результатами обходов и объездов с осмотром, диагностических испытаний и измерений подобрать необходимые материалы и детали для замены изношенных. Проверить внешним осмотром их состояние, комплектность, качество изготовления и защитного покрытия, прогнать резьбу на всех резьбовых соединениях и нанести на нее смазку;</p> <p>подобрать монтажные приспособления, защитные средства, сигнальные принадлежности и инструмент, проверить их исправность и сроки испытаний. Погрузить их, а также подобранные материалы и детали на транспортное средство, организовать доставку вместе с бригадой к месту работы; по прибытии на место работы провести текущий инструктаж</p>

	<p>по технике безопасности с росписью каждого в наряде; получить приказ энергодиспетчера с указанием о снятии напряжения в зоне работы, времени начала и окончания работ;</p> <p>заземлить провода и оборудование, с которых снято напряжение, переносными заземляющими штангами с обеих сторон места работы в соответствии с нарядом; при работе на железобетонной конической опоре установить и закрепить на опоре приставную лестницу 9 м.; осуществить допуск к производству работ.</p>
<p>Схема последовательного технологического процесса</p>	<p>Исполнителю подняться непосредственно по опоре или по приставной лестнице "к месту установки кронштейна, стойки или надставки;</p> <p>проверить внешним осмотром состояние узлов крепления «а опоре(ригеле) пят, подкосов и тяг кронштейна, стойки или надставки (хомутов, крепежных уголков, крюковых болтов, валиков и других элементов.</p> <p>Проверить наличие устройств, препятствующих развороту кронштейнов ДПР в ветровых районах (специальных накладок или зажимов на проводах по обе стороны от седла);</p> <p>проверить правильность установки кронштейна, стойки или надставки: Кронштейны, как правило, должны располагаться горизонтально, перпендикулярно оси пути, а стойка и надставка – вертикально;</p> <p>Отклонения от указанных положений не должны превышать: <math>\pm 50</math> мм от горизонтали + 50 мм от вертикали , <math>\pm 100</math> мм разворот вдоль пути; проверить состояние гирлянд подвесных изоляторов, элементов их соединений и наличие замков, а также седел и крепления в них проводов. В IV и V</p>

	<p>гололедных районах должно применяться рессорное крепление проводов. В кривых участках пути и в других местах излома провод в седле должен располагаться так, чтобы усилие от излома воспринималось основной частью корпуса седла, а не плашкой: Положение желоба плашки должно соответствовать сечению провода.</p> <p>Особое внимание обратить на состояние провода в местах соединений и на выходах из седла и соединительных зажимов. В этих местах не Допускаются подгары или обрывы жил;</p> <p>90 мм. При необходимости регулировки этот размер обеспечивают</p> <p>Проверить расстояние от металлического кронштейна до ребра изолятора;</p> <p>исполнителю опуститься вниз, отсоединить приставную лестницу от опоры, опустить ее на землю и переместиться к следующей опоре.</p>
Окончание работ	<p>Собрать материалы, монтажные приспособления, инструмент, защитные средства и погрузить их на автотрифу. Привести рабочую площадку автотрифу в транспортное положение. Снять заземляющие штанги. При работе автотрифу на перегоне вернуть ее на станцию примыкания на правах хозяйственного поезда порядком, установленным Инструкцией по движению поездов. Дать уведомление энергодиспетчеру об окончании работ. При работе на станции оформить запись в «Журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связь и контактной сети». Возвратиться на производственную базу ЭЧК.</p>



Рисунок 4.1–Производство работ по замене кронштейна

### **4.3 Экспертиза проекта на соответствие требованиям безопасности и экологичности**

#### **4.4.1 Производственная санитария**

Оценка условий труда оценивалась в рамках производственного контроля.

Производственная санитария – комплекс организационных и технических мероприятий направленных на снижение влияния на работающих вредных производственных факторов.

Вредными считают производственные факторы, воздействие которых на работающих в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению работоспособности. Таким образом, воздействие этих факторов может вызвать как профессиональное заболевание, так и производственную травму. Вредный фактор при определенных условиях может стать опасным.

Вредные производственные факторы подразделяются по природе действия на физические, химические, биологические, факторы трудового процесса (тяжесть, напряженность труда). Каждая из этих групп факторов в свою очередь подразделяется на подгруппы. Оценка тяжести и напряженности трудового процесса проводится на основе учета всех показателей в соответствии с Р2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса»;

Степень вредности и опасности всех производственных факторов устанавливается гигиеническими нормативами ПДК, ПДУ.

ПДК, ПДУ – уровни вредных и опасных производственных факторов, которые при ежедневной норме выходных дней, но не более 40 часов в неделю в течение всего стажа работы не должны вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего или последующих поколений.

Воздействие каждого фактора зависит от его интенсивности, спектрального состава, временных характеристик и продолжительности воздействия [Безопасность жизнедеятельности. Ч2. Охрана труда на ж/д транспорте. Учебник. Раздел 10. п 10.4.] .

Работа в условиях превышения ПДК и ПДУ должна проводиться при использовании средств индивидуальной защиты (СИЗ) и при применении организационно-технических и лечебно – профилактических мероприятий.

К вредным производственным факторам на контактной сети относятся:

- тяжесть и напряженность труда;
- повышенный уровень шума и вибрации;
- повышенные и пониженные параметры метеорологических условий;
- недостаточное или неправильно устроенное освещение.

Соблюдение оптимальных режимов труда и отдыха работающих обеспечивает администрация предприятий. Лицам, работающим на железнодорожном транспорте и связанным по роду своей деятельности с

вредными условиями труда, предоставляются льготные режимы труда и отдыха (дополнительный отпуск, сокращенный рабочий день и другое) в соответствии с законодательством о труде. Для всех рабочих перерыв для отдыха и приема пищи установлен не позже, чем через 4 часа после начала работы.

Потребность санитарно – бытовых помещений устанавливается в соответствии со строительными нормами и правилами. Санитарно – бытовое помещение района контактной сети строят по типовым проектам. Оно оборудуется гардеробной, душевой, сушилкой, тамбуром, связевой, кладовыми, мастерской, комнатой электромеханика, кабинетом начальника района, комнатой обогрева красным уголком [45]. (Пункт дан в ред. Распоряжения ОАО "РЖД" от 25.11.2015 N 2757р).

Как было сказано выше, работы по ремонту устройств контактной сети производятся на открытом воздухе, поэтому необходима защита работающих от неблагоприятных климатических факторов осуществляется обеспечением работников комплектами теплой одежды, (полушубками, теплозащитными костюмами, и т.п.) спец обувью [43]. Также устанавливаются некоторые ограничения на работы при ветре со скоростью 12 м/с, при дожде, тумане и повышенной влажности.

Район контактной сети должен иметь теплые помещения для защиты персонала. Все помещения имеют снабжение водой. В помещениях должны находиться шкафы для хранения спецодежды, душевая, шкаф для сушки спецодежды и другие санитарно-бытовые удобства. Там же, должна иметься в наличии аптечка с набором медикаментов. Эксплуатационный персонал должен знать и уметь практически оказывать первую помощь пострадавшим.

На контактной сети источниками шума являются: подвижной состав, различное оборудование, используемое в работе, приборы обогрева и вентиляции. Существуют методы уменьшения шума: звукоизоляция, звукопоглощение, снижение шума в источниках, индивидуальные средства защиты. На практике допустимые уровни шума и вибраций для электрических машин



регламентируются ГОСТ 2305–95 «Машины электрические вращающиеся. Допустимые уровни шума».

К индивидуальным средствам защиты относятся: шумопоглощающие каски, наушники, беруши. Предельно допустимые уровни шума на рабочих местах устанавливаются с учетом тяжести и напряженности труда по СН 2.2.4/2.1.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

На контактной сети используют в качестве освещения прожектора, установленные на жестких поперечинах, прожекторами на дрезинах, фонарями и карманными светильниками. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий приведены в СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Требования к освещению на рабочих местах промышленных предприятий следует принимать по СНиП 23–05–95 «Естественное и искусственное освещение».

#### **4.3.2 Противопожарные мероприятия на контактной сети**

Общие требования к устройству, содержанию помещений и территорий, организации и ведению технологических процессов в помещениях и на территории структурных подразделений, на железнодорожных путях перегонов и станций должны соответствовать Правилам противопожарного режима в Российской Федерации [48], ГОСТ 12.1.004 [4], Правилам пожарной безопасности на железнодорожном транспорте [49], другим нормативным документам, регламентирующим требования пожарной безопасности.

В обеспечении пожарной безопасности особое место занимает противопожарная подготовка инженерно – технических работников, служащих и рабочих, который включает первичный и вторичный противопожарные инструктажи, а также занятия по программе пожарно-технического минимума.

На контактной сети, лица, проходящие инструктаж, должны быть ознакомлены с действующими на объекте правилами пожарной безопасности и

инструкциями, с производственными участками, наиболее опасными в пожарном отношении, где запрещается курить, пользоваться открытым огнём и где необходимо соблюдать другие меры предосторожности, с возможными причинами пожаров и мерами их предотвращения и предупреждения.

Инструктаж должен сопровождаться практическими показами способов пользования имеющихся на объекте средствами пожаротушения. Первичный противопожарный инструктаж с рабочими и служащими может проводиться одновременно с инструктажем по технике безопасности. Вторичный инструктаж проводит на рабочем месте работник, ответственный за пожарную безопасность цеха, мастерской, склада.

#### **4.4.2 Безопасность труда**

Материалы, применяемые в процессе труда безопасны и безвредны. Отдельные составные части механизмов и машин выполнены с таким расчетом, чтобы исключить возможность соприкосновения человека с вращающимися частями механизмов и машин. Безопасность персонала в процессе работы обеспечивается путем правильного размещения оборудования и рациональной организации, а также использования индивидуальных средств защиты.

Применяемые средства индивидуальной защиты:

1. Одежда специальная защитная (тулупы, пальто, полупальто, накидки, халаты и т. д.)
2. Средства защиты рук (рукавицы, перчатки, напалечники, нарукавники и т. д.)
3. Средства защиты ног (сапоги, ботинки, туфли, балахоны, тапочки и т. д.)
4. Средства защиты глаз и лица (очки защитные, щитки лицевые и т. д.)
5. Средства защиты головы (каска, шлемы, шапки, береты и т. д.)
6. Средства защиты от падения с высоты (предохранительные пояса, тросы и т. д.) [3].

#### **4.4 Безопасность при чрезвычайных ситуациях**

В Федеральном законе “О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера” отмечается, что одной из важнейших задач комплекса мероприятий по предупреждению и ликвидации ЧС следует считать проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ.

В зависимости от характеристики объекта и сложившейся ЧС могут произойти взрывы, пожары, затопление местности, распространение СДЯВ, а также образоваться очаги ядерного, химического, бактериологического поражения и зоны радиоактивного заражения.

В соответствии с Федеральным законом “Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей” аварийно-спасательные работы – это действия по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защите природной среды в зоне чрезвычайной ситуации, локализации ЧС и подавлению или доведению до минимально возможного уровня воздействия характерных опасных факторов. Характеризуются наличием факторов, угрожающих жизни и здоровью проводящих эти работы людей, и требуют специальной подготовки, экипировки и оснащения.

Производственные аварии и катастрофы на железнодорожном транспорте могут быть двух видов – это аварии (катастрофы), происходящие на производственных объектах, не связанных непосредственно с движением поездов (заводы, депо, станции и др.), и аварии поездов во время движения. Первый ряд аварий (катастрофы) для объектов железнодорожного транспорта носит общий характер. Второй – имеет специфический характер, связанный с тяжелыми последствиями и перерывом в движении поездов.

Ликвидация пожаров на территории железнодорожных станций связана с необходимостью вывода составов с территории станции на перегоны, тупики и подъездные пути.

В первую очередь подлежат выводу поезда с людьми и опасными грузами. На электрифицированных участках в случае возникновения пожаров следует обесточить станционные пути и использовать тепловозы для рассредоточения составов.

Учитывая повышенную пожароопасность объектов железнодорожного транспорта и сложность тушения пожаров, на железных дорогах и их отделениях созданы специальные противопожарные службы. На крупных железнодорожных станциях и узлах предусматривается система пожарного водоснабжения, пожарные поезда, пожарные депо [10].

#### **4.5 Выводы по разделу**

В данном разделе рассмотрены такие вопросы как опасность работ, производимых на высоте, с применением грузоподъемных механизмов и машин, работ с использованием взрывчатых и пожароопасных веществ. Так же определены нормативные требования в области безопасности и экологичности, такие как выдача наряда на производство работ, проведение лицом, выдающим наряд, инструктажа производителю работ, порядок выдачи разрешения на производство работ, осуществление надзора за производством работ, и оформление перерывов в работе, перевод на другое рабочее место, окончание работы.

Были рассмотрены требования безопасности при производстве работ, а именно: требования безопасности при работах с использованием грузоподъемных машин и механизмов (автомотрисы), требования безопасности при установке фиксаторов.

Проведена экспертиза проекта на требования безопасности и экологичности, где были рассмотрены неблагоприятные факторы, присутствующие на рабочих местах, и нормативные требования санитарии производства.

Проведена экспертиза проекта на соответствие требованиям:

- производственной санитарии;
- безопасность труда;
- экологическая безопасность.

Дипломный проект удовлетворяет всем требованиям безопасности и экологичности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломном проекте решены следующие вопросы:

1. В ведении дипломного проекта были поставлен ряд задач, которые полностью выполнены, а именно: произведен расчет участка контактной сети постоянного тока, определены нагрузки на провода, определены длины пролетов, разработана схема питания и секционирования, выбрано оборудование контактной сети, построен план контактной сети станции и перегона. В работе применены новые виды поддерживающих конструкций (полимерные кронштейны) для ВЛ 6–10 кВ.

2. Рассчитанная длина пролетов на главном пути станции, максимальная длина пролета равна 76 м, что больше допустимой по условиям токосъема, поэтому максимальная длина пролета ограничена 69 м.

3. Произведен механический расчет и построены монтажные кривые, натяжение нагруженного несущего троса при беспровесном положении контактного провода равно 12940 Н, натяжение несущего троса в режиме максимального ветра – 14640 Н; натяжение несущего троса в режиме гололеда – 16329 Н.

4. Рассмотрен анализ изоляционных конструкций в экстремальных условиях работы. Из рассмотренных трех изоляционных конструкций наиболее оптимальной является КПСИП-3, т.к. этот полимерный кронштейн имеет более расширенный диапазон температур, при которых может работать, перекрытие при грозových перенапряжениях происходит только если всю площадь кронштейна займут птицы, так как расстояние между фазами у него равны 500 мм, также исследована работа изоляционных конструкций в загрязненных районах и КПСИП-3 превзошел остальных изоляторы.

5. Техничко-экономическое сравнение изоляционных конструкций показало, что полимерный кронштейн характеризуется минимумом приведенных затрат и, следовательно, обладает наибольшим экономическим эффектом, чем

металлические аналоги. Например, по сравнению с кронштейном М-2 за 10 лет, полимерный кронштейн КПСИП-3 наиболее экономически эффективен, выгода составляет 410415,9 руб.

6. В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы безопасности и экологичности проекта. Подробно рассмотрена безопасность производства работ при установке металлических опор. Проведена экспертиза проекта на соответствие требованиям и нормам безопасности жизнедеятельности, дипломный проект соответствует требованиям и нормам.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ефимов А. В., Галкин А. Г., Польшгалова Е. А., Ковалев А.А. Контактные сети и ЛЭП: Учебно-методическое пособие для студентов. – Екатеринбург: УрГУПС, 2009. – 88с.
2. ВСН 141-90 Нормы проектирования контактной сети. Ведомственные строительные нормы. СТН ЦЭ 141-99. – М.: Министерство путей сообщения. Департамент электрификации и электроснабжения, 2001
3. Контактная сеть и воздушные линии. Иллюстрированное пособие по техническому обслуживанию и ремонту контактной сети и воздушных линий. Департамент электрификации и электроснабжения ОАО «Российские железные дороги». – М., «ТРАНСИЗДАТ», 2006 г. – 296 с.
4. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог. ЦЭ – 868. Департамент электрификации и электроснабжения. – М. : Трансиздат, 2002. – 184 с.
5. Марквардт К. Г., Власов И. И. Контактная сеть. М.: Транспорт, 1994. – 335 с.
6. Фрайфельд А. В. Проектирование контактной сети. М.: Транспорт, 1984. – 327 с.
7. Паранин А. В. Современное оборудование и конструкции контактной сети КС-160 для скоростей движения до 160 км/ч : учеб.-метод, пособие / А. В. Паранин, А. В. Ефимов. – Екатеринбург : УрГУПС, 2013. – 105 с
8. ГОСТ 19330 – 2013 «Стойки для опор контактной сети железных дорог» Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2014. – 52 с.
9. ООО «НПП «ЭЛЕКТРОМАШ», Кронштейны из полимерных материалов. Альбом [Электронный ресурс] – URL: <http://nppem.ru/page-113.html>
10. Кочунов Ю. А. Провода и поддерживающие конструкции линий продольного электроснабжения : учеб.-метод, указания / Ю. А. Кочунов, А. О. Грехов. – Екатеринбург : УрГУПС, 2013 – 54 с.



11. Ключкова Е.А. Охрана труда на железнодорожном транспорте: Учебник для техникумов и колледжей ж.-д. трансп. — М.: Маршрут, 2004. — 412 с.
12. Охрана труда на железнодорожном транспорте. Справочная книга/ Под ред. А.В. Лощина. М.: Транспорт, 1977. — 448 с.
13. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок, введенные в действие с 1 июля 2001 г. (ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00);
14. Технологические карты на производство работы по техническому содержанию и ремонту устройств контактной сети и воздушных линий электропередачи электрифицированных железных дорог, Книга 1. — М., «Трансиздат», 2012 г., 192 с.
15. ГОСТ 12.0.004-90. ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Основные положения.
16. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности
17. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования
18. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Естественное и искусственное освещение. М., 2003. ГОСТ 26824-86 Требования к искусственному и естественному освещению.
19. ГН 2.2.5.1313-03. Вредные вещества. Общие требования безопасности.
20. Правила пожарной безопасности на железнодорожном транспорте, ЦУО-112, М.: Транспорт, - 1994. — 159 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Натяжение разгруженного несущего троса (обязательное)

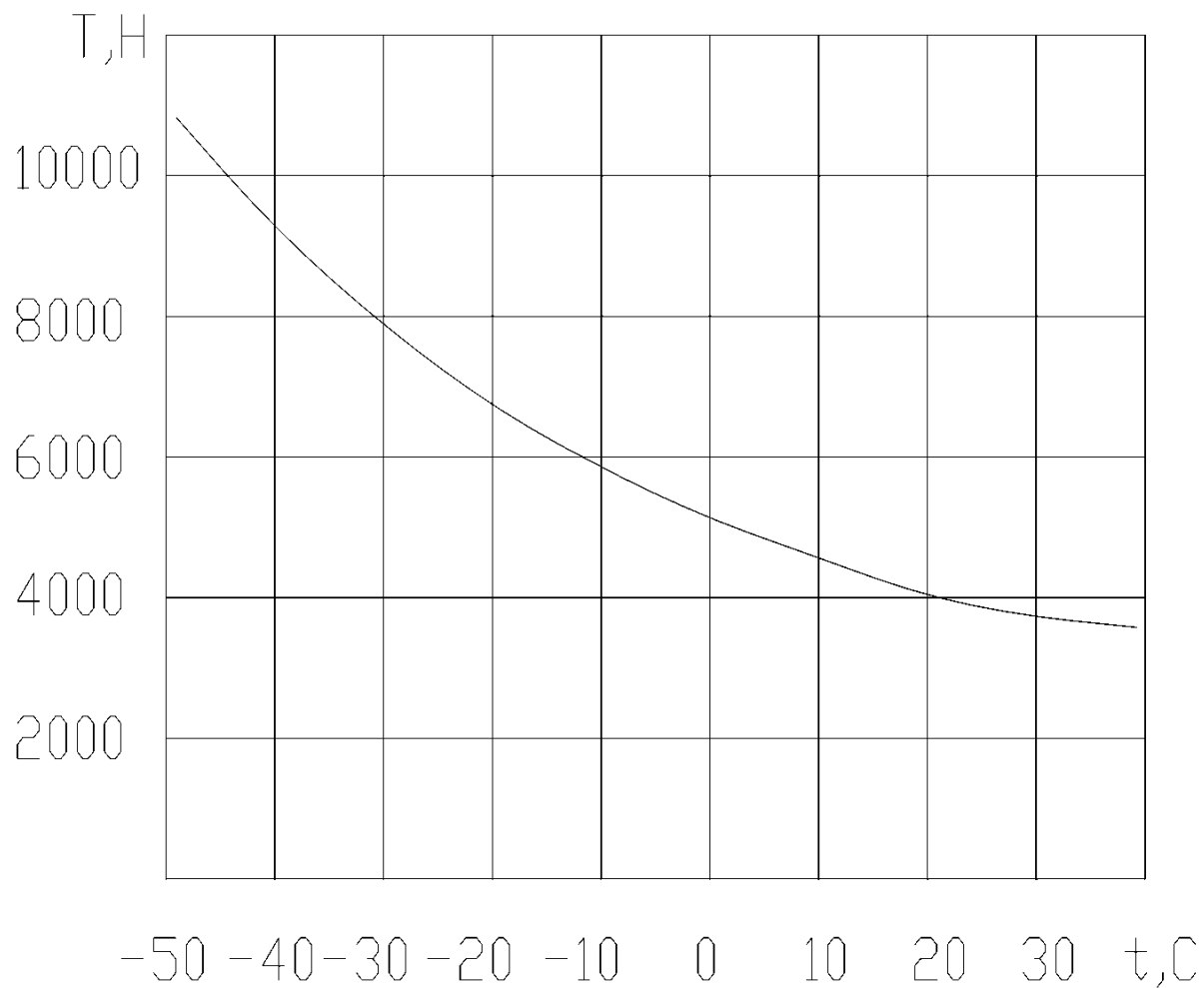


Рисунок А.1 – Натяжение разгруженного несущего троса

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Стрелы провеса разгруженного несущего троса  
(обязательное)

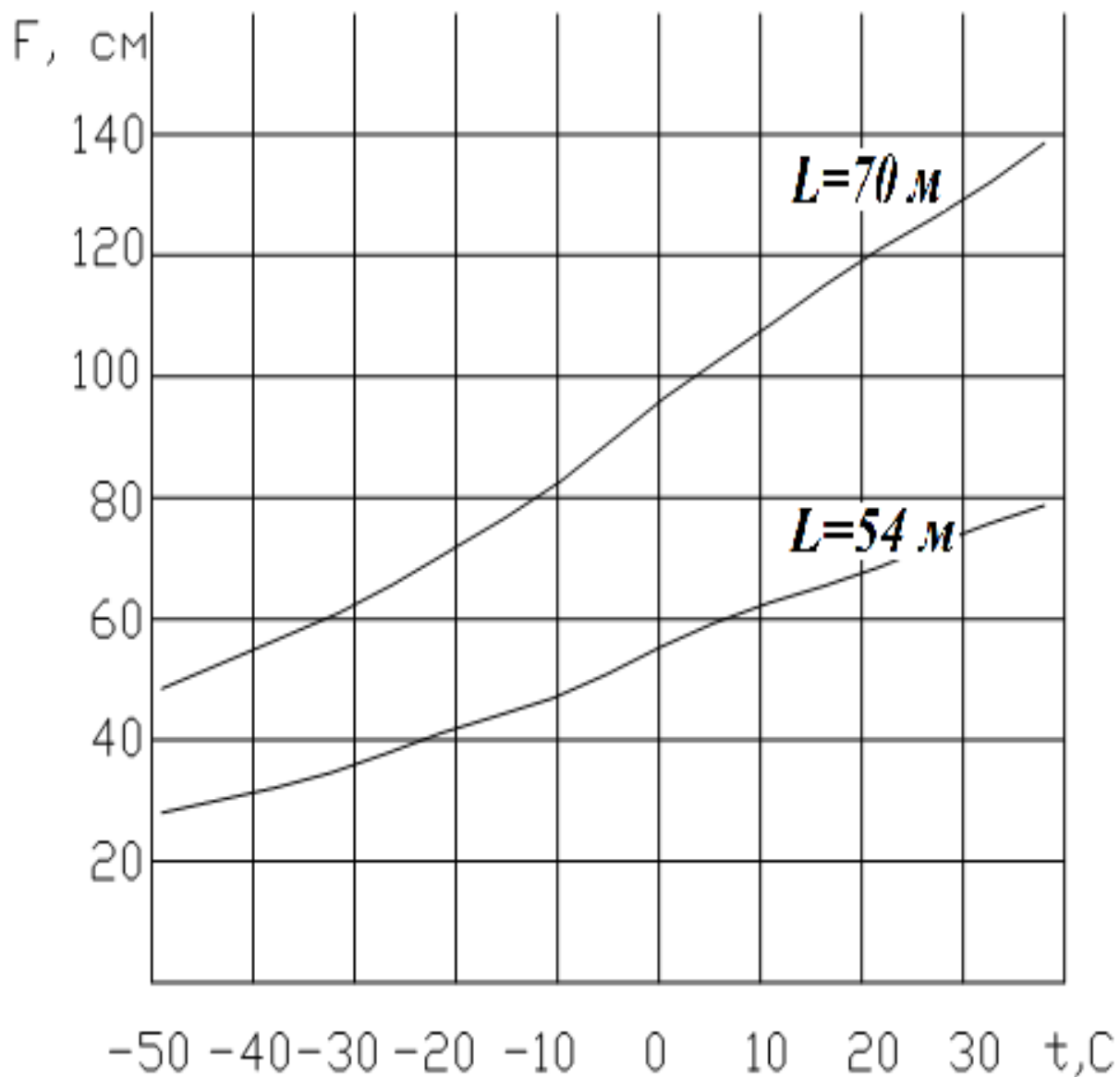


Рисунок Б.1 – Стрелы провеса разгруженного несущего троса

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Натяжение нагруженного несущего троса при изменении температуры  
(обязательное)

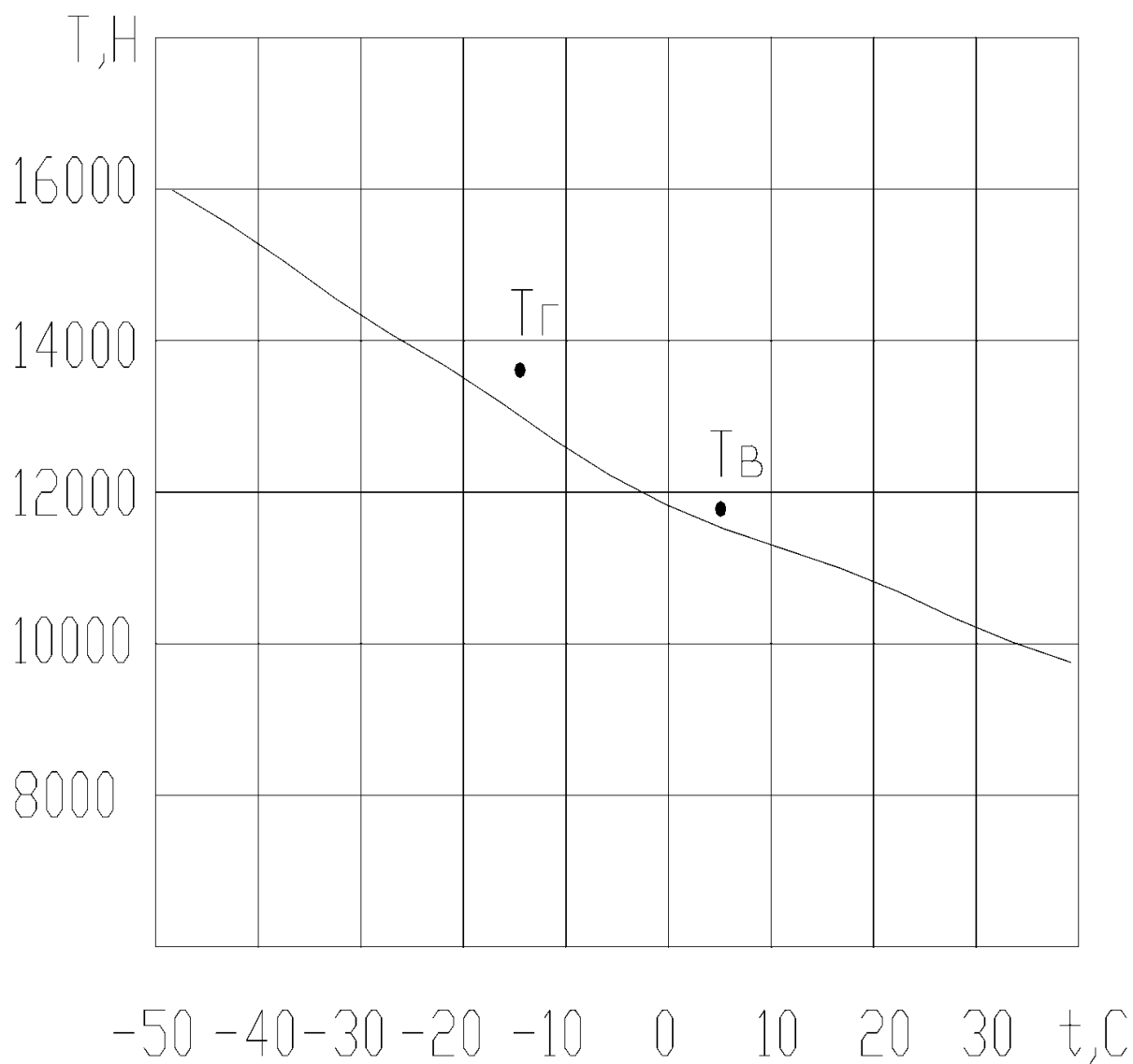


Рисунок В.1 – Натяжение нагруженного несущего троса при изменении температуры

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Стрелы провеса контактного провода  
(обязательное)

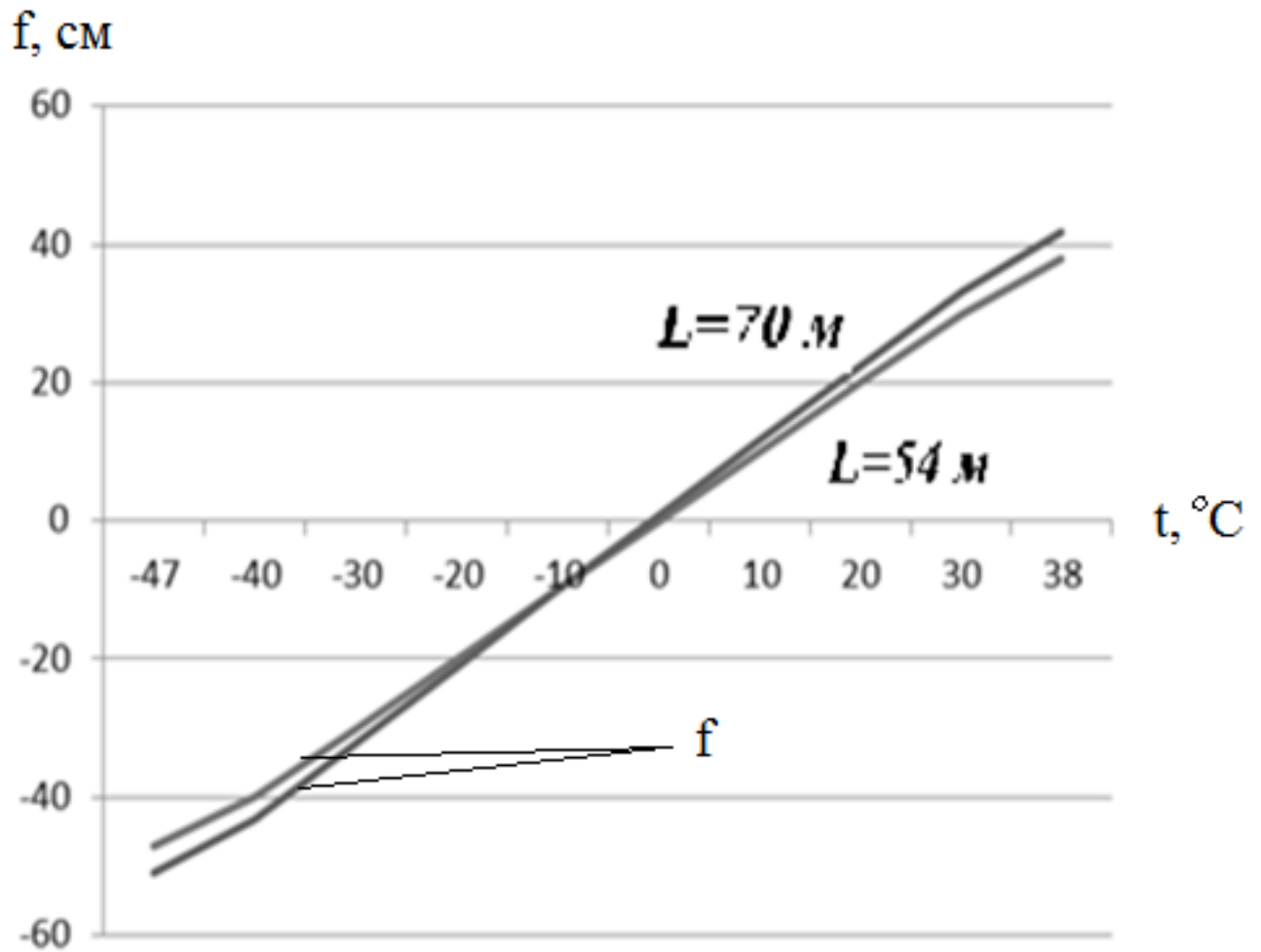


Рисунок Г.1 – Стрелы провеса контактного провода