

высшего образования  
«Уральский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО УрГУПС)

Факультет ИЗО  
Кафедра «Электроснабжения транспорта»  
Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»  
Профиль: Электроснабжение

Допускается к защите

Зав. кафедрой Ковалев А.А.  
доцент, канд. техн. наук

« 21 » / июля / 2019 г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
**в виде бакалаврской работы**  
**Тема: «Проект участка контактной сети постоянного тока с**  
**анализом случаев повреждения контактной сети и**  
**токоприемников»**

**13.03.02.22.ВКР.ЭЭ514.01.ПЗ**

(обозначение документа)

Разработал: <u>студент</u> <u>ЭЭ-514</u>	<u>[подпись]</u>	<u>Лепшин С.А.</u>
(студент-дипломник) (группа)	(подпись) (дата)	(ф.,и.,о.)
Руководитель: <u>к.т.н., доцент</u>	<u>[подпись]</u>	<u>Паранин А.В.</u>
(должность, звание)	(подпись) (дата)	(ф.,и.,о.)
Консультанты: <u>д.э.н., профессор</u>	<u>[подпись]</u>	<u>Кокшаров В.В.</u>
(должность, звание)	(подпись) (дата)	(ф.,и.,о.)
<u>к.т.н., доцент</u>	<u>[подпись]</u>	<u>Белинский С.О.</u>
(должность, звание)	(подпись) (дата)	(ф.,и.,о.)
Нормоконтролер: _____	<u>[подпись]</u>	<u>Окунев А.В.</u>
(должность, звание)	(подпись) (дата)	(ф.,и.,о.)

Екатеринбург  
2019

Факультет ИЗО Кафедра Электроснабжение транспорта

Специальность 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

к.т.н., доцент Ковалев А.А.

«18» февраль 2019 г.

**Задание**

**на выпускную квалификационную работу**

Лепшин Сергей Александрович

(фамилия, имя, отчество)

1 Тема проекта. Проект участка контактной сети постоянного тока с анализом случаев повреждения контактной сети и токоприемников

Утверждена приказом по университету от «18» Февраля 2019 г. № 185-сз

2 Срок сдачи студентом законченного проекта 21.06.19

3 Исходные данные к проекту Приведены в пункте 1.1

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов) 1. Проект участка контактной сети постоянного тока

2. Анализ случаев повреждения контактной сети и токоприемников

3. Оценка стоимости проектирования и реализации участка контактной сети постоянного тока

4. Безопасность жизнедеятельности

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, не включая слайды презентации) 1. План контактной сети перегона

2. Монтаж вставки в контактный провод

6 Консультанты по проекту (работе, с указанием относящихся к ним раздел



проекта)

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

7 Дата выдачи задания 18 02 19

Руководитель Паранин Александр Викторович / / (подпись)

Задание принял к исполнению студент Лепшин С.А. / / (подпись)

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов дипломного проекта (работы)	Срок выполнения этапов проекта (работы)	Отметка о выполнении
Утверждение тем ВКР	15.01.19	выполнено
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
Сдача отчета по преддипломной практике	20.05-26.05.19	выполнено
Государственный экзамен подготовка и сдача	<b>22.05-04.06.19</b>	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	выполнено
Нормоконтроль ВКР	10.06.19-16.06.19	выполнено
Сдача ВКР на кафедру	<b>21.06.19</b>	
Утверждение ВКР у заведующего кафедрой	17.06.19-21.06.19	
Получение рецензии на ВКР	17.06.19-21.06.19	
Защита ВКР	01.07.19-03.07.19	

Руководитель  студент - дипломник

**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 Лепшин Сергей Александрович Группа ЭЭ-514  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Оценка стоимости проектирования и реализации участка контактной сети постоянного тока  
(название специального раздела)

1. Тема Проект участка контактной сети постоянного тока с анализом случаев повреждения контактной сети и токоприемников-  
(название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от «18» февраля 2019 г. № 185-сз

Выпускающая кафедра Электроснабжение транспорта

Руководитель проекта Паранин Александр Викторович доцент к.т.н.  
(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: получены по месту практики

4. Срок сдачи студентом законченного раздела \_\_\_\_\_

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

1. Экономическое сравнение оборудования и деталей контактной сети

2. Вывод по разделу

6. Название демонстрационно-графического(их) материал(ов) \_\_\_\_\_

7. Дата выдачи задания 18.02.19 Консультант В.А. Кокшаров  
(подпись)

Согласовано: \_\_\_\_\_ /А.В. Паранин  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению 18.02.19 \_\_\_\_\_ С.А. Лепшин  
(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» 02 201 г.

**Задание**  
на специальный раздел ВКР  
(дипломного проекта)

Студент Лепшин Сергей Александрович Группа ЭЭ-514  
(Фамилия, Имя, Отчество)

Безопасность жизнедеятельности  
(название специального раздела)

1. Тема Проект участка контактной сети постоянного с анализом случаев  
повреждения контактной сети и токоприемников  
(название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от «18» февраля 2019г. № 185-сз

Выпускающая кафедра Электроснабжение транспорта

Руководитель проекта Паранин Александр Викторович доцент к.т.н.  
(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: получены по месту практики

4. Срок сдачи студентом законченного раздела \_\_\_\_\_

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

1) Безопасность труда при вставке контактного провода

2) Экспертиза дипломного проекта на соответствие всех разделов требованиям  
безопасности и экологичности

3) Выводы по разделу

6. Название демонстрационно-графического(их) материала(ов) \_\_\_\_\_

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

Согласовано: \_\_\_\_\_ /А.В. Паранин/  
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению 18.02.19 \_\_\_\_\_ С.А. Лепшин  
(дата и подпись студента-дипломника)



# РЕФЕРАТ

В данной выпускной квалификационной работе всего: стр. 46, рис. 2, табл. 6, прил. 3, использованных источников 25 назв., чертежей и плакатов 3 листа.

**КОНТАКТНАЯ СЕТЬ, ПОЛУКОМПЕНСИРОВАННАЯ ПОДВЕСКА, ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНТАКТНЫЙ ПРОВОД, ОПОРА, КОНСОЛЬ, ФИКСАТОР, НЕСУЩИЙ ТРОС, АНКЕРНЫЙ УЧАСТОК, ТОКОПРИЕМНИК, МОДЕЛИРОВАНИЕ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.**

**CONTACT NETWORK, PROKOMPASIROVALI SUSPENSION DESIGN, CONTACT WIRE, SUPPORT, CONSOLE, RETAINER, SUSPENSION CABLE, ANCHOR THE PLOT, MODELING, SAFETY.**

Объект исследования участок контактной сети постоянного тока.

Цель проектирование участка контактной сети постоянного тока с анализом случаев повреждения контактной сети и токоприемников.

Экономическая эффективность проекта заключается в расчетах и выборе оборудования которое снизит стоимость проекта участка контактной сети на 484794 руб./км.

13.03.02.022.ВКР.ЭЭ514.01.ПЗ

Экз.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата.
израб.		Летшин С.А	<i>Л</i>	
ров.		Паранин А.В.	<i>П</i>	
контр.		Паранин А.В.	<i>П</i>	
контр.		Окунев А.В.	<i>О</i>	

Проект участка контактной  
сети постоянного тока с  
анализом случаев повреждения  
контактной сети

Лит.	Лист	Лист
У	6	46

ФГБОУ ВО УрГУПС  
Кафедра «Электроснабже  
транспорта»



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

Факультет И.З.О.

Кафедра Электроснабжение транспорта

**ДЕМОНСТРАЦИОННО-ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ  
 ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Тема: Проект участка контактной сети постоянного тока с анализом случаев повреждения контактной сети и токоприемников

Разработал: студент ЭЭ-514 Лепшин С.А.  
 (студент-дипломник) (группа) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

Руководитель: к.т.н. доцент. Паранин А.В.  
 (должность, звание) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

**Список листов:**

1. План контактной сети перегона.
2. План контактной сети станции

Екатеринбург

2019

**13.03.02.22.ВКР.ЭЭ514.02.ДГЧ**

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Лепшин С.А.	<i>Л.А.</i>	
Пров.		Паранин А.В.	<i>П.А.</i>	
Т. контр.		Паранин А.В.	<i>П.А.</i>	
Н. контр		Окунев А.В.	<i>О.А.</i>	
Утв.		Ковалев А.А.	<i>К.А.</i>	

Проект участка контактной  
 сети постоянного тока

Лит.	Лист	Листов
У	1	2

ФГБОУ ВО УрГУПС  
 кафедра Электроснабжени  
 транспорта

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

Факультет И.З.О.

Кафедра Электроснабжение транспорта

**ДЕМОНСТРАЦИОННО-ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ  
 ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ**

Тема: Проект участка контактной сети постоянного тока с анализом случаев повреждения контактной сети и токоприемников

Разработал: студент ЭЭ-514 [подпись] Летшин С.А.  
 (студент-дипломник) (группа) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

Руководитель: к.т.н. доцент. [подпись] Паранин А.В.  
 (должность, звание) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

**Список листов:**

1. План контактной сети перегона.
2. План контактной сети станции

Екатеринбург

2019

**13.03.02.22.ВКР.ЭЭ514.02.ДГЧ**

**Проект участка контактной  
 сети постоянного тока**

Лит.	Лист	Лист
У	1	2
ФГБОУ ВО УрГУПС кафедра Электроснабже транспорта		

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Летшин С.А.	[подпись]	
Пров.		Паранин А.В.	[подпись]	
Т. контр.		Паранин А.В.	[подпись]	
Н. контр		Окунев А.В.	[подпись]	2019
Утв.		Ковалев А.А.	[подпись]	2019



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

**Проект участка контактной сети постоянного тока с анализом случаев  
повреждения контактной сети и токоприемников**

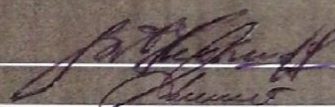
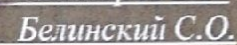
**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

**13.03.02.22.ВКР.ЭЭ514.01.ПЗ**

**Студент:** Лепшин Сергей Александрович

**Научный руководитель:** Паранин Александр Викторович  
*к.т.н., доцент* кафедры «Электроснабжение транспорта»

**Консультанты:**  
*д.э.н., профессор*  
*к.т.н., доцент*

 Кокшаров В.В.  
 Белинский С.О.

Екатеринбург – 2019



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

## ОТЗЫВ

на выпускную квалификационную работу студента факультета ИЗО  
специальности 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Руководитель доцент, к.т.н., Паранин Александр Викторович  
(ученая степень, ученое звание, должность, фамилия, имя, отчество)

Тема: Проект участка контактной сети постоянного тока с анализом случаев повреждения контактной сети и токоприемников

Соответствие содержания ВКР заданию: Содержание дипломного проекта в полной мере соответствует заданию.

Характеристика проделанной работы по всем ее разделам: В основной части ВКР по заданным исходным данным спроектирована контактная сеть постоянного тока перегона с расчетом нагрузок, длин пролетов, составлением плана перегона. В детали ВКР проанализированы случаи повреждения токоприемников и контактной сети, связанные с токосъемом. Показано, что повреждения несущего троса являются одной из частых причин нарушения нормальной работы устройств контактной сети, а повреждение токоприемников часто вызывает и повреждение подвески. Выполнена оценка стоимости проектирования и реализации участка контактной сети переменного тока. В разделе безопасности жизнедеятельности доказано, что дипломный проект соответствует требованиям безопасности и экологичности.

Полнота раскрытия темы: Тема ВКР раскрыта в достаточной мере.

Теоретический уровень и практическая значимость ВКР: ВКР выполнена на приемлемом теоретическом уровне с использованием широко используемых классических положений теории и расчета контактной сети. Данные положения отражены в нормативных технических документах по проектированию контактной сети СТН ЦЭ-141-99. Практическая значимость работы не вызывает сомнения в связи с высокой интенсивностью повреждений контактной сети и токоприемников, связанных с их взаимодействием.



Степень самостоятельности и творческой инициативы студента-дипломника, его деловые качества: Студент-дипломник проявил приемлемую степень самостоятельности. Руководитель ВКР часто направлял и корректировал его работу.

Качество оформления ВКР: ВКР в целом соответствует установленным государственным, ведомственным и стандартам предприятия, касающихся оформления технической документации, в частности текстовых и графических документов.

Возможность допуска студента-дипломника к защите ВКР и рекомендуемая оценка: Считаю, что данная ВКР соответствует требованиям, установленным к выпускным квалификационным работам, а ее автор Лепшин Сергей Александрович заслуживает при соответствующей защите оценку «хорошо».

Дата \_\_\_\_\_



\_\_\_\_\_  
(подпись)

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	8
1 Проект участка контактной сети постоянного тока.....	9
1.1 Исходные данные.....	9
1.2 Определение нагрузок на провода контактной сети.....	10
1.3 Расчет натяжения проводов.....	14
1.4 Определение длин пролетов.....	16
1.5 Состав плана контактной сети перегона.....	19
1.6 Подбор стоек опор контактной сети.....	21
2 Анализ случаев повреждения контактной сети и токоприемников .....	27
2.1 Анализ случаев повреждения контактной сети.....	27
2.2 Анализ случаев повреждения токоприемников.....	28
3 Оценка стоимости проектирования и реализации участка контактной сети постоянного тока.....	31
3.1 Экономическое сравнение оборудования и деталей контактной сети.....	31
3.2 Вывод по разделу.....	32
4 Безопасность жизнедеятельности.....	33
4.1 Безопасность труда при вставке контактного провода.....	33
4.2 Экспертиза дипломного проекта на соответствие всех разделов требованиям безопасности и экологичности.....	37
4.3 Вывод по разделу.....	43
Заключение.....	44
Список использованных источников.....	45
Приложение А- Расчетная схема для подбора опор.....	47
Приложение Б - Экономическое сравнение стоимости материалов и строительно-монтажных работ.....	48
Приложение В- Последовательность работ по монтажу вставки в контактный провод.....	54



## ВВЕДЕНИЕ

Контактная сеть является важнейшим элементом системы тягового электроснабжения электрического транспорта. От надежной работы контактной сети во многом зависит успешное выполнение основной функции железнодорожного транспорта – своевременная перевозка пассажиров и грузов в соответствии с заданным графиком движения.

Главная задача контактной сети – передача электроэнергии подвижному составу за счет надежного, экономичного и экологически чистого токосъема в расчетных метеоусловиях при установленных скоростях движения, типах токоприемников и значениях передаваемого тока.

Основными элементами контактной сети с контактной подвеской являются провода контактной сети (контактный провод, несущий трос, усиливающий провод и пр.), опоры, поддерживающие устройства (консоли, гибкие поперечины и жёсткие поперечины) и изоляторы.

При проектировании контактной сети выбирают число и марку проводов, исходя из результатов расчетов системы тягового электроснабжения, а также тяговых расчетов; определяют тип контактной подвески в соответствии с максимальными скоростями движения электроподвижного состава и другими условиями токосъема; находят длины пролета; выбирают длину анкерных участков, типы опор и поддерживающих устройств для перегонов; разрабатывают конструкции контактной сети в искусственных сооружениях; размещают опоры и составляют планы контактной сети на станциях и перегонах с согласованием зигзагов проводов и учетом выполнения воздушных стрелок и элементов секционирования контактной сети (изолирующих сопряжений анкерных участков и нейтральных вставок, секционных изоляторов и разъединителей).

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается проектирование контактной сети постоянного тока с целью получения навыков по проектированию, выбору оборудования, построению монтажных.

В ходе работы необходимо разработать:

- 1) План участка контактной сети постоянного тока;
- 2) Провести анализ случаев повреждения контактной сети и токоприемников;
- 3) Провести расчет и выбор оборудования, которое снизит стоимость проекта участка контактной сети;
- 4) Определить безопасные правила труда необходимые при вставке контактного провода.

# 1 Проект участка контактной сети постоянного тока

## 1.1 Исходные данные

Согласно задания на выпускную квалификационную работу приняты следующие исходные данные:

а) Информация об объектах и сооружениях, расположенных на перегоне, представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Пикетаж основных объектов перегона проектируемого участка

Объекты	Пикетаж
Входной сигнал станции	23 км 8+35
Начало кривого участка $R = 600$ м, центр слева	24 км 0+48
Конец кривого участка	3+27
Ось трубы, проложенной в насыпи, отверстие 1,1 м	4+50
Начало кривого участка $R = 850$ м, центр справа	4+88
Конец кривого участка	25 км 3+48
Мост через реку с ездой понизу: пикет оси моста	5+16
длина моста, м	125
Ось трубы, проложенной в насыпи, отверстие 3,5 м	7+08
Начало кривого участка $R = 1000$ м, центр слева	8+22
Конец кривого участка	26 км 0+95

На расстоянии 300 м по обоим сторонам моста путь располагается на насыпи высотой 7 м

б) Электрификация участка выполняется на постоянном токе. Тип подвески обоих путях перегона – М-120 + 2НлФ-100.

в) Место расположения участка – климатический район 1б, нормативная минимальная температура воздуха  $t_{min} = -47^{\circ}\text{C}$ ., нормативная максимальная температура воздуха  $t_{max} = 38^{\circ}\text{C}$ .

Ветровой район – 2, нормативная скорость ветра  $V_H = 23,6$  м/с, коэффициент ветра для участка перегона насыпи – 1,3, для остальной части перегона – 1,05.

Гололедный район – 3, нормативная толщина стенки гололеда  $b_H = 10$  мм, коэффициент для участка перегона насыпи – 1,35, для остальной части перегона – 1,1.



## 1.2 Определение нагрузок на провода контактной сети

### 1.2.1 Нагрузка от собственного веса

Нагрузка от собственного веса одного метра контактной подвески определяется по формуле

$$g = g_n + n_k \cdot (g_k + g_c), \quad (1.1)$$

где  $g_n$  - нагрузка от собственного веса несущего троса, Н/м;  
 $g_k$  - то же, но от контактного провода [6], Н/м;  
 $g_c$  - то же, но от струн и зажимов,  $g_c = 1$  Н/м;  
 $n_k$  - число контактных проводов.

Нагрузка от собственного веса несущего троса или контактного провода определяется по формуле

$$g_i = 9,81 \cdot S_i \cdot \gamma_i \cdot k_n, \quad (1.2)$$

где  $S_i$  - площадь поперечного сечения провода, м<sup>2</sup>;  
 $\gamma_i$  - плотность материала провода, кг/м<sup>3</sup>;  
 $k_n$  - коэффициент, учитывающий конструкцию провода, для цельного провода  $k_n = 1$ , для многопроволочного (троса)  $k_n = 1,025$ .

В соответствии с [6] для несущего троса М-120 площадь поперечного сечения  $S_n$  принимается равной  $1,17 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>, плотность материала  $\gamma_n$  составляет 8900 кг/м<sup>3</sup>, для контактного провода НлФ-100 площадь поперечного сечения  $S_k = 1 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>, плотность материала  $\gamma_k = 8900$  кг/м<sup>3</sup>.

Нагрузка от собственного веса контактного провода

$$g_k = 9,81 \cdot 1 \cdot 0,0001 \cdot 8900 = 8,731 \text{ Н/м.}$$

Нагрузка от собственного веса несущего троса

$$g_n = 9,81 \cdot 1,025 \cdot 0,000117 \cdot 8900 = 10,471 \text{ Н/м.}$$

Нагрузка от собственного веса одного метра контактной подвески

$$g = 10,471 + (8,731 + 1) \cdot 2 = 29,932 \text{ Н/м.}$$

### 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

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

где  $b_{\text{г}}$  - толщина стенки гололеда, мм;

$d_i$  - диаметр провода [6], для несущего троса М-120 составляет 14 мм.

При расчете гололедной нагрузки на контактные провода в соответствии с рекомендациями [6] учитываем, что при проходе токоприемника часть гололедных отложений удаляется с провода. Исходя из этого принимаем, что толщина стенки гололеда условно равна половине заданной по гололедному району.

Расчетное значение толщины стенки гололеда определяется по формуле

$$b_{\text{г}} = k_{\text{г}} \cdot b_{\text{н}} \quad (1.4)$$

где  $k_{\text{г}}$  - коэффициент гололеда;

$b_{\text{н}}$  - толщина гололедного слоя в соответствии с заданием, мм.

$$b_{\text{гк}} = \frac{15 \cdot 0,85}{2} = 6,375 \text{ мм,}$$

$$b_{\text{гн}} = 15 \cdot 0,85 = 12,8 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр контактного провода ввиду его фасонного сечения принимается равным усредненному значению из высоты и ширины его сечения

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

где  $H$  - высота сечения провода, для НлФ-100 составляет 11,8 мм;

$A$  - ширина сечения провода, для НлФ-100 составляет 12,81 мм.



$$d_{\text{cp}} = \frac{(12,81 + 11,8)}{2} = 12,305 \text{ мм.}$$

Нагрузка от веса гололеда на один метр длины провода и троса

$$g_{\text{гн}} = \frac{27,7 \cdot 12,75 \cdot (14 + 12,75)}{1000} = 9,447 \text{ Н/м,}$$

$$g_{\text{гк}} = \frac{27,7 \cdot 6,375 \cdot (12,305 + 6,375)}{1000} = 3,299 \text{ Н/м.}$$

Суммарный вес одного метра контактной подвески с гололедными отложениями определяется из выражения

$$g_{\text{г}} = g + g_{\text{гн}} + n \cdot g_{\text{гк}}, \quad (1.6)$$

где  $g$  - вес контактной подвески, Н/м;  
 $g_{\text{гн}}, g_{\text{гк}}$  - вес гололеда на несущем тросе и контактном проводе, соответственно, Н/м.

Суммарный вес одного метра контактной подвески с гололедными отложениями равен

$$g_{\text{г}} = 29,932 + 3,299 \cdot 2 + 9,447 = 45,977 \text{ Н/м.}$$

### 1.2.3 Ветровые нагрузки

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  $V_p$  - расчетная скорость ветра, находится по формуле  $V_p = k_b \cdot V_n$ , м/с;  
 $C_x$  - аэродинамический коэффициент лобового сопротивления, зависящий от формы и положения поверхности объекта, согласно [6] принимаем для несущего троса равным 1,25, для контактного провода – 1,55;  
 $d_i$  - диаметр провода, для контактного провода – высота его сечения ( $H$ ), м.

Ветровая нагрузка при наличии на проводе гололеда

$$p_{\text{ги}} = 0,615 \cdot (V_{\text{г}} \cdot k_b)^2 \cdot C_x \cdot (d_i + 2 \cdot b_{\text{г}}), \quad (1.8)$$

где  $V_r$  - расчетная скорость ветра при гололеде, она равна  $V_r = 0,6 \cdot V_p$ , м/с;  
 $k_b$  - поправочный ветровой коэффициент

Линейные нагрузки от действия ветра на провода контактной подвески составят

$$p_n = 0,615 \cdot 1,25 \cdot 14 \cdot 18,88^2 = 3,836 \text{ Н/м},$$

$$p_k = 0,615 \cdot 1,55 \cdot 11,8 \cdot 18,88^2 = 4,010 \text{ Н/м},$$

$$p_{гн} = 0,615 \cdot 1,25 \cdot (14 + 2 \cdot 12,75) \cdot 11,328^2 = 3,897 \text{ Н/м},$$

$$p_{гк} = 0,615 \cdot 1,55 \cdot (11,8 + 12,75) \cdot 11,328^2 = 3,003 \text{ Н/м}.$$

#### 1.2.4 Результирующие нагрузки

Результирующая нагрузка на несущий трос цепной подвески определяется без учета ветровой нагрузки на контактный провод, так как ее основная часть воспринимается фиксаторами. Тогда

$$q_n = \sqrt{g^2 + p_n^2}, \quad (1.9)$$

$$q_n = \sqrt{29,932^2 + 3,836^2} = 30,177 \text{ Н/м}.$$

То же при наличии гололеда, определяется по формуле

$$q_{гн} = \sqrt{g_r^2 + p_{гн}^2}, \quad (1.10)$$

$$q_{гн} = \sqrt{45,977^2 + 3,897^2} = 46,142 \text{ Н/м}.$$

Результирующая нагрузка на контактный провод при отсутствии гололеда определяется как

$$q_k = \sqrt{g_k^2 + p_k^2}, \quad (1.11)$$

$$q_k = \sqrt{(2 \cdot (8,731 + 1))^2 + 4,010^2} = 19,871 \text{ Н/м}.$$



То же, при наличии гололеда, определяется по формуле

$$q_{гк} = \sqrt{(g_k + g_{гк})^2 + p_{гк}^2}, \quad (1.12)$$

$$q_{гк} = \sqrt{(2 \cdot (8,731 + 3,299 + 1))^2 + 3,003^2} = 26,232 \text{ Н/м.}$$

Результаты расчета приведены в таблице 1.2.

Для подвесок бокового пути, перегона и насыпи нагрузки рассчитываются аналогично. Результаты расчета приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Нагрузки на провода контактной сети

Нагрузка, Н/м	Насыпь	Перегон
От веса НТ $g_n$	10,5	10,5
От веса КП $g_k$	8,7	8,7
От веса подвески $g$	29,9	29,9
От веса гололеда на НТ $g_{гн}$	3,4	2,8
От веса гололеда на КП $g_{гк}$	1,3	1,1
От веса подвески с гололедом $g_{г}$	35,9	34,8
От действия ветра на НТ $p_n$	7,8	6,7
От действия ветра на КП $p_k$	9,7	7,0
От ветра при гололеде на НТ $p_{гн}$	5,2	4,2
От ветра при гололеде на КП $p_{гк}$	5,3	3,6
Результирующая на НТ без гололеда $q_n$	30,9	30,7
Результирующая на КП без гололеда $q_k$	21,7	20,7
Результирующая на НТ с гололедом $q_{гн}$	36,3	35,1
Результирующая на КП с гололедом $q_{гк}$	22,7	21,9

### 1.3 Расчет натяжения несущих тросов

Проведем расчет максимального натяжения используемых несущих тросов М-120.

Максимальное допустимое натяжение несущего троса определяется по формуле

$$T_d = \frac{a \cdot \sigma_{вр} \cdot S}{k_3}, \quad (1.13)$$

- где  $a$  - коэффициент, учитывающий разброс механических характеристик отдельных проволок,  $a = 0,95$ ;  
 $\sigma_{вр}$  - временное сопротивление разрыву материала проволоки, Па;  
 $S$  - расчетная площадь поперечного сечения, м<sup>2</sup>;  
 $k_3$  - коэффициент запаса.

В соответствии с [6] для расчета были приняты следующие значения механических характеристик: для несущего троса М-120  $\sigma_{вр1} = 3,9 \cdot 10^8$  Па,  $S_1 = 1,17 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>.

Тогда по формуле (1.13)

$$T_{д1} = \frac{0,95 \cdot 3,9 \cdot 10^8 \cdot 1,17 \cdot 10^{-4}}{2} = 21674 \text{ Н.}$$

Для дальнейших расчетов используем рекомендуемые значения согласно [6]. Таким образом, далее принимаем  $T_{д1} = 19600$  Н.

Натяжение  $T_0$  несущего троса при беспровесном положении контактного провода с учетом рекомендованных [6] коэффициентов снижения величины натяжения относительно допустимого значения предварительно принимается равным

$$T_0 = T_d \cdot (0,75 \dots 0,8), \quad (1.14)$$

$$T_{01} = 19600 \cdot (0,75 \dots 0,8) = (14700 \dots 15680) = 15000 \text{ Н.}$$

В дальнейшем значение  $T_0$  будет уточнено при механическом расчете несущего троса.

Натяжение несущего троса в режиме ветра максимальной интенсивности при температуре  $t_{min} = -47^\circ\text{C}$  в соответствии с [1] определяется по формуле

$$T_{в1} = T_d \cdot k, \quad (1.14)$$

$$T_{в1} = 19600 \cdot 0,63 = 12300 \text{ Н.}$$

Значение  $T_B$  также будет уточнено при механическом расчете несущего троса.

Для одного контактного провода НлФ-100 номинальное натяжение на основании рекомендаций [6] в расчетах принимается равным  $K = 10000$  Н. Тогда при двух контактных проводах полное натяжение составит  $K = 20000$  Н.

## 1.4 Расчет допустимых длин пролетов

### 1.4.1 Расчет допустимой длины пролета на прямой

Максимально допустимая длина пролета на прямом участке пути определяется по формуле

$$L_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{K \cdot B_{пр}}{p_k - p_э}}, \quad (1.15)$$

- где  $K$  - натяжение контактного провода, Н;  
 $p_k$  - ветровая нагрузка на контактный провод, Н/м;  
 $p_э$  - эквивалентная нагрузка на контактный провод от несущего троса, Н/м;

В соответствии с [6] величина  $B_{пр}$  при одинаковых разносторонних зигзагах определяется по формуле

$$B_{пр} = b_{к\ дп} - \gamma_k + \sqrt{(b_{к\ дп} - \gamma_k)^2 - a^2}, \quad (1.16)$$

- где  $b_{к\ дп}$  - допустимое отклонение контактного провода от оси пути, на прямом участке,  $b_{к\ дп} = 0,5$  м;  
 $\gamma_k$  - прогиб опоры под действием ветра на уровне контактного провода, согласно [6] для расчетной скорости ветра 18,9 м/с прогиб равен 0,01 м;  
 $a$  - зигзаг контактного провода, одинаковый по величине на соседних опорах, м.

$$B_{пр} = 0,5 - 0,01 + \sqrt{(0,5 - 0,01)^2 - 0,5^2} = 0,877 \text{ м.}$$

Эквивалентная нагрузка определяется по формуле

$$p_э = \frac{p_k \cdot T_B - p_H \cdot K - \frac{8 \cdot K \cdot T_B}{L^2} \left( \frac{h_H p_H}{q_H} + \gamma_H - \gamma_k \right)}{T_B + K + \frac{10,6 \cdot e_{cp} \cdot K \cdot T_B}{g_k \cdot L^2}} \quad (1.17)$$



- где  $L$  - длина пролета, м;  
 $h_n$  - длина гирлянды изоляторов на участке постоянного тока, принимаем равной 0,56 м;  
 $\gamma_n$  - прогиб опоры от ветра на уровне несущего троса [6], 0,015 м;  
 $e_{cp}$  - средняя длина струны в средней части пролета, равной  $0,5 \cdot L$ , при заданной конструктивной высоте цепной подвески  $h_0$ , определяемая по формуле (1.18).

$$e_{cp} = h_0 - \frac{0,115 \cdot g \cdot L^2}{T_0}, \quad (1.18)$$

где  $h_0$  - конструктивная высота подвески,  $h_0 = 2$  м.

Методика расчета значения  $L_{max}$  подробно описана в [1, 5, 6] и основана на последовательном проведении расчета по формулам (1.18) – (1.21), пока не будет достигнута требуемая точность в определении  $L_{max}$ , которая в нашем случае принимается равной 5 м между результатами двух последовательно проведенных расчетов. При первом расчете длина  $L_{max}$  определяется без учета влияния несущего троса ( $p_3=0$ ).

При  $p_3 = 0$

$$L'_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{21000 \cdot 0,877}{(4,010 - 0)}} = 135,6 \text{ м},$$

$$e_{cp} = 2 - \frac{0,155 \cdot 29,932 \cdot 135,6^2}{15000} = -2,218 \text{ м},$$

$$p_3 = \frac{4,010 \cdot 12300 - 3,836 \cdot 21000 - \frac{8 \cdot 21000 \cdot 12300}{135,6^2} \left( \frac{0,56 \cdot 3,836}{30,177} + 0,015 + 0,01 \right)}{12300 + 21000 + \frac{-2,218 \cdot 10,6 \cdot 12300 \cdot 21000}{17,462 \cdot 135,6^2}} = -2,769 \text{ Н/м},$$

$$L''_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{21000 \cdot 0,877}{(4,010 - (-2,769))}} = 104,3 \text{ м}.$$

Так как  $|L'_{max} - L''_{max}| = 31,3 \text{ м} > 5 \text{ м}$ , следовательно проводим корректировку нагрузки  $p_3$ , продолжая расчеты.

При  $p_3 = -2,769 \text{ Н/м}$

$$e_{cp} = 2 - \frac{0,155 \cdot 29,932 \cdot 104,3^2}{15000} = -0,495 \text{ м},$$

$$p_s = \frac{4,010 \cdot 12300 - 3,836 \cdot 21000 - \frac{8 \cdot 21000 \cdot 12300}{104,3^2} \left( \frac{0,563 \cdot 836}{30,177} + 0,015 + 0,01 \right)}{12300 + 21000 + \frac{-0,495 \cdot 10,6 \cdot 12300 \cdot 21000}{17,462 \cdot 104,3^2}} = -1,748 \text{ Н/м},$$

$$L_{max}''' = 2 \cdot \sqrt{\frac{21000 \cdot 0,877}{(4,010 - (-1,748))}} = 113,1 \text{ м}.$$

Так как  $|L_{max}'' - L_{max}'''| = 8,9 \text{ м} > 5 \text{ м}$ , следовательно проводим корректировку нагрузки  $p_s$ , продолжая расчеты.

При  $p_s = -1,748 \text{ Н/м}$

$$e_{cp} = 2 - \frac{0,155 \cdot 29,932 \cdot 113,1^2}{15000} = -0,938 \text{ м},$$

$$p_s = \frac{4,010 \cdot 12300 - 3,836 \cdot 21000 - \frac{8 \cdot 21000 \cdot 12300}{113,1^2} \left( \frac{0,563 \cdot 836}{30,177} + 0,015 + 0,01 \right)}{12300 + 21000 + \frac{0,503 \cdot 10,6 \cdot 12300 \cdot 21000}{17,462 \cdot 113,1^2}} = -1,996 \text{ Н/м},$$

$$L_{max}''' = 2 \cdot \sqrt{\frac{21000 \cdot 0,877}{(4,010 - (-1,996))}} = 110,781 \text{ м}.$$

Так как  $|L_{max}'' - L_{max}'''| = 2,4 \text{ м} < 5 \text{ м}$ , значит получившееся значение следует принять за окончательный результат. По условиям обеспечения качественного токосъема по заданию руководителя длина пролета ограничивается 65 м, поэтому окончательно принимаем длину пролета на прямом участке пути равной 65 м.

#### 1.4.2 Расчет допустимых длин пролетов в кривой

Максимальная длина пролета в кривой определяется по формуле

$$L_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{K \cdot B_{кр}}{p_k - p_s + \frac{K}{R}}} \quad (1.19)$$

Где  $R$  - радиус кривой, м;  
 $B_{кр}$  - максимальный вынос контактного провода, определяется по формуле (1.23).

$$B_{кр} = b_{к дп} - \gamma_k + a. \quad (1.20)$$

В соответствии с [6] принимаем следующие значения прогибов опор: для перегона  $\gamma_k = 0,01$  м,  $\gamma_n = 0,015$  м для насыпи  $\gamma_k = 0,016$  м,  $\gamma_n = 0,023$  м. Результаты расчета сносим в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Результаты расчета допустимых длин пролетов

Участок пути		Зигзаг, м	Длина пролета, м
Перегон	Прямая	0,3	70
	Кривая радиусом 600 м	0,4	57
	Кривая радиусом 850 м	0,4	65
	Кривая радиусом 1000 м	0,4	68
Насыпь	Прямая	0,3	69
	Кривая радиусом 850 м	0,4	59
	Кривая радиусом 1000 м	0,4	62

## 1.5 Разработка плана контактной сети перегона

### 1.5.1 Схема питания и секционирования контактной сети

Согласно требований [3] и рекомендаций [1, 5, 6] разрабатываемая в дипломном проекте схема питания и секционирования контактной сети должны обеспечивать:

- наименьшие потери напряжения и электроэнергии в контактной сети при нормальном режиме работы электрифицированного участка;
- минимальные нарушения графика движения поездов при отказе или выводе из работы какой-либо секции.

Питание контактной сети путей перегонов осуществляется от тяговой подстанции по независимым отдельным питающим фидерам Ф-4 и Ф-5. В местах подключения фидеров к контактной сети перегонов устанавливаются линейные разъединители Фл4, Фл5. Для возможности оперативного отключения фидеров от контактной сети в случае необходимости изменения схемы питания и секционирования приводы всех разъединителей приняты моторными.



## 1.5.2 Составление плана контактной сети перегона

План контактной сети перегона составляется согласно рекомендациям, изложенным в [1, 5, 6] в следующем порядке:

- подготовка плана перегона исходя из заданных в таблице 1.1 объектов, а также протяженность насыпи в месте расположения моста, отрисовка условного плана пути, на котором указывают положение и величину радиуса кривых (с условным изображением стороны расположения их центров);
- условная разбивка перегона на анкерные участки, определение приближенного места расположения не изолирующих сопряжений и средних анкерровок;
- расстановка промежуточных опор с учетом максимальных длин пролетов, рассчитанных в подразделе 1.4, в зависимости от положения кривых, насыпи и искусственных сооружений;
- расстановка зигзагов; трассировка линий усиливающих проводов, ВЛ-10 кВ продольного электроснабжения, волновода;
- выбор типов опор и поддерживающих конструкций; обработка плана контактной сети.

План контактной сети перегона приведен в графической части дипломного проекта (лист 1).

Опоры на перегоне по возможности расставляются с максимально допустимыми длинами пролетов, причем каждый пролет в соответствии с требованиями [3] должен быть согласован с соседними пролетами, не отличаясь от них более чем на 25%. В средней части каждого анкерного участка перегона располагается средняя анкеровка, размещаемая в двух пролетах, длина которых для компенсированной подвески уменьшается на 5 % по сравнению с максимально допустимой на данном участке. На мосту и подходе к нему длина пролета ограничена 45 м. Точки подвеса на мосту располагаются симметрично относительно оси моста. Опоры размещают на расстоянии не менее 5 м от края каменных и железобетонных труб.

Воздушная линия 10 кВ продольного электроснабжения располагается с полевой стороны опор одного из путей на кронштейнах типа КВЛЦ-63. Усиливающие линии располагаются вдоль оси пути либо с полевой стороны опор на кронштейнах КФЦ-6,5, либо (если с полевой стороны уже расположена линия ВЛ-10 кВ) со стороны пути на Г-образных стойках.

Опоры в соответствии с техническим указанием департамента электрификации и электроснабжения № К-04/07 (письмо № ЦЭСС-4-06/02 от 01.06.2007 г.) применены металлические типа МКГ для промежуточных опор и МКГА для анкерных опор и опор жестких поперечин. Опоры устанавливаются на железобетонные фундаменты типа ТСА.

Выбор опорных и поддерживающих конструкций производится по методике, описанной в [1, 6]. Выбранные типы устройств заносятся в сводные таблицы, которые располагаются на планах контактной сети.

## 1.6 Подбор стоек опор контактной сети

### 1.6.1 Составление схемы загрузки опоры

Для расчета и выбора опор составляется схема загрузки опоры, на которой указываются все нагрузки: вертикальные и горизонтальные. Также на схеме указываются суммарные изгибающие моменты от внешних сил относительно условного обреза фундамента и пяты консоли опоры, плечи для определения изгибающих моментов от действия нагрузок.

Расчетная схема для подбора опор приведена на рисунке А.1.

### 1.6.2 Определение нагрузок и величины внешних сил при различных расчетных режимах

Для расчета выбираем промежуточную опору, находящуюся на прямом участке перегона (опора 3). Определим нагрузки и величины внешних сил.

Нагрузки от веса усиливающего провода в режимах максимального ветра и гололеда с ветром определяются с помощью формул (1.2) и (1.3), где для усиливающего провода А-185 в соответствии с [6] площадь поперечного сечения  $S_{\text{пр}} = 1,83 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , плотность материала  $\gamma_{\text{пр}} = 2750 \text{ кг/м}^3$ , конструктивный коэффициент для многопроволочного провода  $k_{\text{н}} = 1,025$

$$g_{\text{пр}} = 9,81 \cdot 1,025 \cdot 0,000183 \cdot 2750 = 5,061 \text{ Н/м},$$

$$g_{\text{гпр}} = \frac{27,7 \cdot 16,5 \cdot (17,5 + 16,5)}{1000} = 15,540 \text{ Н/м}.$$

Ветровые нагрузки на усиливающие провода в расчетных режимах определяются по формулам (1.7) и (1.8):

$$p_{\text{пр}} = 0,615 \cdot 1,25 \cdot 17,5 \cdot 24,78^2 = 8,261 \text{ Н/м},$$

$$p_{\text{гпр}} = 0,615 \cdot 1,25 \cdot (17,5 + 2 \cdot 16,5) \cdot 14,868^2 = 8,582 \text{ Н/м}.$$

Вертикальная нагрузка от веса контактной подвески для расчетного режима определяется по формуле

$$G_{\text{пi}} = g_i \cdot L + G_{\text{и}} + G'_{\text{ф}}, \quad (1.21)$$

где  $g_j$  - линейная нагрузка от веса подвески в  $i$  - ом режиме, Н/м;

- $L$  - расчетная длина пролета, равная полусумме длин пролетов смежных с расчетной опорой, в нашем случае для рассматриваемой опоры  $L = (65+65) = 65$  м;
- $G_{и}$  - нагрузка от веса изоляторов, принимается при расчете на постоянном токе – 150Н;
- $G'_{\phi}$  - нагрузка от веса половины фиксаторного узла,  $G'_{\phi} = 100$  Н.

Для ранее определенных значений  $g = 29,932$  Н/м,  $g_r = 53,267$  Н/м (см. таблицу 1.2) вертикальные нагрузки равны

$$G_{ит} = 53,267 \cdot 65 + 150 + 100 = 3712,4 \text{ Н/м,}$$

$$G_{пв} = 29,932 \cdot 65 + 150 + 100 = 2195,6 \text{ Н/м.}$$

Вертикальная нагрузка от веса усиливающего провода для  $j$ -го расчетного режима определяется по формуле

$$G_{прj} = g_{прj} \cdot L + G_{и}, \quad (1.22)$$

$$G_{пр} = 2 \cdot ((15,54 + 5,061) \cdot 65) + 150 = 2828,1 \text{ Н/м,}$$

$$G_{прв} = 2 \cdot 5,061 \cdot 65 + 150 = 807,9 \text{ Н/м.}$$

Вертикальные нагрузки от веса консоли и кронштейна находятся по формулам

$$G_{кнj} = m_{кнj} \cdot g, \quad (1.23)$$

$$G_{крj} = m_{крj} \cdot g, \quad (1.24)$$

$$G_{кнг} = 9,81 \cdot 80 = 784 \text{ Н,}$$

$$G_{кнв} = 9,8 \cdot 70 = 676,2 \text{ Н,}$$

$$G_{крг} = 9,81 \cdot 26 = 255,1 \text{ Н,}$$

$$G_{крв} = 9,8 \cdot 20 = 215,8 \text{ Н.}$$



Горизонтальная нагрузка на опору под действием ветра на провода контактной сети определяется из выражения

$$P_j^i = p_j^i \cdot L, \quad (1.25)$$

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, пр – усиливающий провод).

Режим гололеда с ветром

$$P_{\Gamma}^H = 7,987 \cdot 65 = 519,2 \text{ Н},$$

$$P_{\Gamma}^K = 5,963 \cdot 65 = 387,6 \text{ Н},$$

$$P_{\Gamma}^{\text{пр}} = 2,8,582 \cdot 65 = 1115,6 \text{ Н}.$$

Режим максимального ветра

$$P_{\text{В}}^H = 6,609 \cdot 65 = 429,6 \text{ Н},$$

$$P_{\text{В}}^K = 6,907 \cdot 65 = 449 \text{ Н},$$

$$P_{\text{В}}^{\text{пр}} = 2,8,261 \cdot 65 = 1073,9 \text{ Н}.$$

Усилия от изменения направления контактных проводов при зигзагах на прямых участках пути, имеющих на соседних опорах равные по величине и противоположные по направлению значения, определяются по формуле

$$P_3 = \frac{K \cdot 4 \cdot a}{L}, \quad (1.26)$$

где  $a$  – величина зигзага на прямом участке пути, принимаем  $a = 0,3$  м.

Усилия от изменения направления контактных проводов при зигзагах на прямых участках пути в режимах максимального ветра и гололеда с ветром равны

$$P_{\text{зг}} = P_{\text{зв}} = \frac{19600 \cdot 4 \cdot 0,3}{65} = 387,7 \text{ Н}.$$

Нагрузка от давления ветра на опору определяется из выражения

$$P_{\text{оп}}^j = 0,615 \cdot C_x \cdot V_p^2 \cdot S_{\text{оп}}, \quad (1.27)$$

где  $C_x=0,7$  аэродинамический коэффициент для железобетонных опор;  
 $V_p$  – расчетная скорость ветра, мс;  
 $S_{\text{оп}}$  – площадь поверхности, на которую действует ветер (площадь диаметрального сечения опоры);

$$S_{\text{оп}} = h_{\text{оп}} \cdot \frac{(d + D)}{2}, \quad (1.28)$$

где  $d, D$  – диаметры опоры, соответственно нижний и верхний, м;  
 $h_{\text{оп}}$  – высота опоры, м.

Согласно [6] принимаем  $h_{\text{оп}} = 10$  м,  $b = 0,22$  м. Проведем расчет горизонтальных нагрузок от давления ветра на опору в режимах гололеда с ветром и максимального ветра

$$S_{\text{оп}} = 10 \cdot 0,22 = 2,2 \text{ м}^2,$$

$$S_{\text{оп}} = 9,6 \cdot \frac{(0,29 + 0,44)}{2} = 3,52 \text{ м}^2,$$

$$P_{\text{оп}}^r = 0,615 \cdot 0,7 \cdot 2,2 \cdot 14,868^2 = 209,4 \text{ Н},$$

$$P_{\text{оп}}^B = 0,615 \cdot 0,7 \cdot 2,2 \cdot 24,78^2 = 581,6 \text{ Н}.$$

Результаты расчетов по определению нагрузок на промежуточную опору на прямом участке пути записываются в таблицу 1.7.

Таблица 1.7 – Расчетные нагрузки на опору контактной сети

Нагрузки	Значения нагрузок на опору для режима, Н	
	гололед с ветром	максимальный ветер
$G_{\text{п}}$	3712,4	2195,6
$G_{\text{кн}}$	784,0	676,2
$G_{\text{пр}}$	2828,1	807,9
$G_{\text{кр}}$	255,1	215,8
$P_{\text{в}}^H$	519,2	429,6
$P_{\text{в}}^K$	387,6	449,0

### Окончание таблицы 1.7

$P_B^{пр}$	1115,6	1073,9
$P_{из}^H$	0,0	0,0
$P_{из}^K$	387,7	387,7
$P_{из}^{пр}$	0,0	0,0
$P_{оп}$	209,4	581,6

### 1.6.3 Определение суммарных изгибающих моментов от внешних сил.

#### Выбор типа опор

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

$$M_{0j} = n_{п} \cdot G_{цj} \cdot Z_{п} + n_{кн} \cdot G_{кн} \cdot Z_{кн} - n_{пр} \cdot G_{пр} \cdot Z_{пр} - n_{кр} \cdot G_{кр} \cdot Z_{кр} + \quad (1.29)$$

$$+ h_{н} \cdot (\pm P_{вj}^H \pm P_{изj}^H) + h_{к} \cdot (\pm P_{вj}^K \pm P_{изj}^K) + h_{пр} \cdot (\pm P_{вj}^{пр} \pm P_{изj}^{пр}) + 0,5 \cdot h_{оп} \cdot P_{опj},$$

где  $Z, h$  – плечи действия соответствующих нагрузок (см. рисунок В.1).

Знак "+" принимается по направлению действия нагрузки от контактной подвески.

Расчет суммарного изгибающего момента от внешних сил при расчетных режимах относительно условного обреза фундамента произведем для промежуточной опоры на прямой. Выбор опоры производится из условия

$$M_0 < M_n, \quad (1.30)$$

Где  $M_n$  – нормативный момент выбранного типа опоры [6], Н·м.

При направлении действия ветра с поля наблюдаются максимальные суммарные моменты. По формуле (1.29) найдем значения максимальных суммарных изгибающих моментов от внешних сил при расчетных режимах, учитывая, что  $Z_{кн} = 1,8$  м,  $h_{н} = 9$  м,  $h_{к} = 7$  м,  $h_{пр} = 8,8$  м. Значение большего момента сравним с нормативным моментом по формуле (1.30).

Режим ветра с гололедом

$$M_{ор} = 3712,4 \cdot 3,3 + 7841,8 - 2828,1 \cdot 1,2 - 255,06 \cdot 0,7 + 9 \cdot (519,2 + 0) +$$



$$+7 \cdot (387,6 + 387,7) + 8,8 \cdot (1115,6 + 0) + 0,5 \cdot 9,6 \cdot 209,4 = 31012,2 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Режим максимального ветра

$$M_{\text{от}} = 2195,6 \cdot 3,3 + 676,2 \cdot 1,8 - 807,9 \cdot 1,2 - 215,8 \cdot 0,7 + 9 \cdot (429,6 + 0) + \\ + 7 \cdot (449 + 387,7) + 8,8 \cdot (1073,9 + 0) + 0,5 \cdot 9,6 \cdot 581,6 = 29307,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Тогда

$$M_{\text{об}} = 47199 \text{ Н}\cdot\text{м} \leq 59000 \text{ Н}\cdot\text{м} - \text{верно.}$$

По наибольшему изгибающему моменту 47199 Н·м для прямого участка пути перегона в качестве промежуточной выбираем опору МКГ 10-60 с нормативным моментом 59000 Н·м. Для остальных участков пути принимаем без расчета: для промежуточных опор перегона – МКГ 10-60, для переходных опор сопряжений, опор в кривых – опоры МКГ 10-80, для анкерных опор и опор жестких поперечин – МКГА 10-100.

## 2 Анализ случаев повреждения контактной сети и токоприемников повреждения

### 2.1 Анализ случаев повреждения проводов контактной подвески в эксплуатации

Из анализа работы хозяйства электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД» с 2015 по 2018 гг. видно, что повреждения проводов и тросов является одной из основных причин нарушения нормальной работы устройств контактной сети. В таблице отражена статистика нарушения работы контактных проводов и несущих тросов за период с 2015 по 2018 гг.

Основными причинами повреждений контактных проводов и несущих тросов являются:

- недостаток регулировки контактной сети;
- влияние метеорологических условий;
- износ;
- старение;
- заводской брак и др.

Таблица 2.1 – Статистика нарушений работы контактных проводов и несущих тросов на Свердловской жд.

Год	Количество повреждения проводов и тросов		Количество поврежденный несущих тросов (от общего повреждения проводов и тросов по хозяйству Э)	Количество повреждений контактных проводов (от общего повреждения проводов и тросов по хозяйству Э)	Пережог из-за нагрева (от общего повреждения проводов и тросов по хозяйству Э), %
	Всего	по хозяйству электрификации и электроснабжения (Э)			
2015	388	224	53	95	Более 30%
2016	432	258	43	149	Более 40%
2017	224	124	24	55	28,2
2018	360	79	41	26	22,4

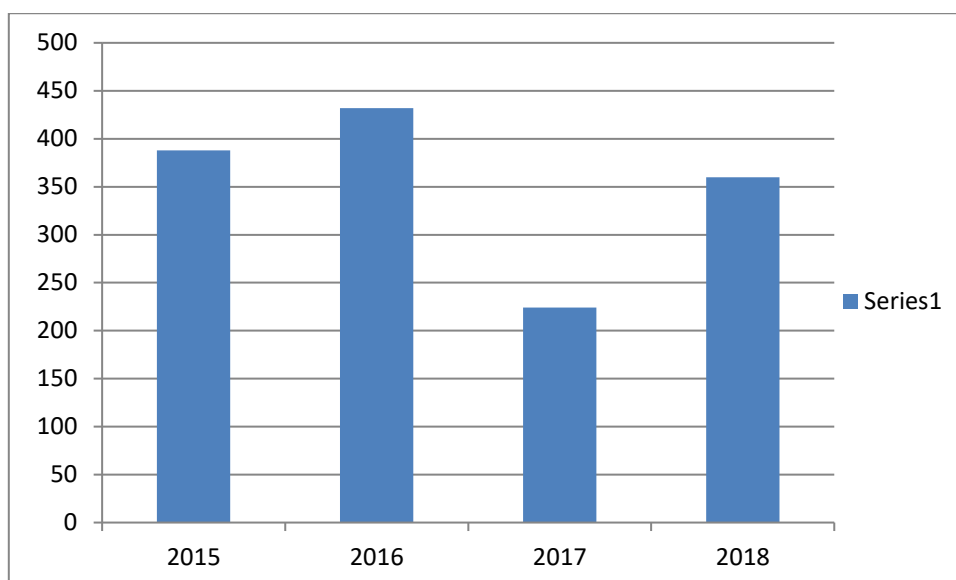


Диаграмма 2.1 – Статистика отказов в работе контактной сети в период с 2015-2018 гг. на Свердловской жд.

Кроме того, около 30% повреждений контактных проводов и несущих тросов являются пережоги, которые вызваны увеличением токовых нагрузок в связи повышением скорости движения и веса поездов, сокращения межпоездных интервалов и др.

Таким образом, повреждения несущего троса являются одной из частых причин нарушения нормальной работы устройств контактной сети. Для снижения количества повреждений несущего троса необходимо исследовать возможность повышения надежности его работы в контактной сети.

Исходя из того, что и анализ статистических данных согласно таблице 2.1 показал, что процент повреждений несущих тросов увеличился с 16,9% до 59 % от общего числа повреждений проводов, а в абсолютном выражении эта величина растет, необходимость заниматься вопросами повышения надежности несущего троса не вызывает сомнений.

## 2.2 Анализ случаев повреждения токоприемников

Токоприемники электроподвижного состава по сравнению с другими электрическими аппаратами работают в наиболее сложных условиях, так как в процессе эксплуатации они постоянно подвержены воздействию атмосферных явлений, испытывают дополнительные сопротивления и нагрузки от сильных ветров и от контактного провода.

ЭПС с неисправными токоприемниками, в свою очередь, наносят существенный урон контактной сети, в которой возникают повышенный износ провода, его пережог и обрыв, излом других элементов, что может вызвать длительные перерывы в движении поездов.



Основными причинами повреждения токоприемников на подвижном составе являются:

- Нарушения их регулировки;
- Наклон опор контактной сети;
- Излом детали токоприемника.

Таблица 2.2 – Статистика нарушения работы токоприемников Свердловской жд.

Год	Количество повреждения токоприемников		Нарушения их регулировки	Наклон опор контактной сети	Излом детали токоприемника
	Всего	По эксплуатационному хозяйству и службе ремонта			
2015	73	14	24	95 20	Более 30,05
2016	74	8	19	14	18
2017	58	11	16	18	13
2018	53	12	14	19	8

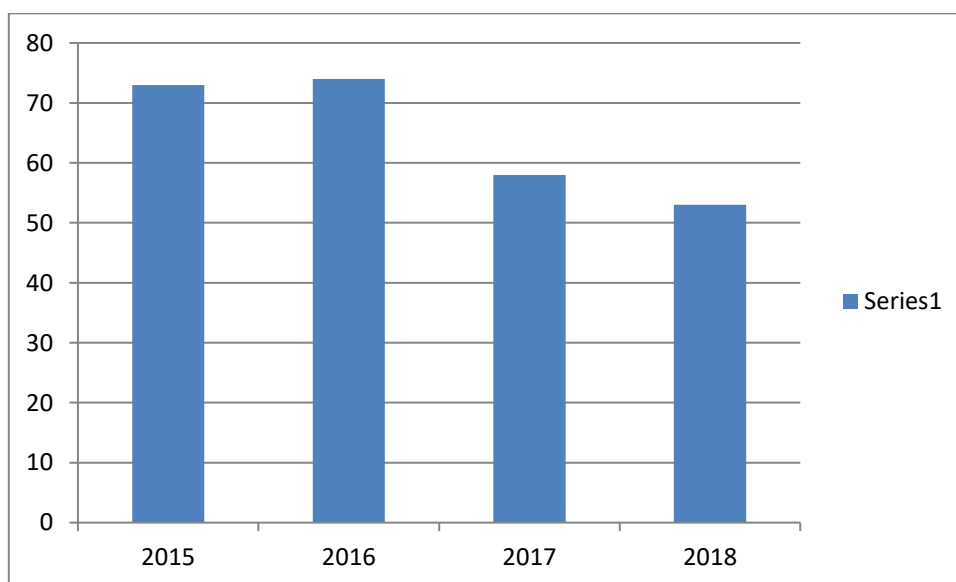


Диаграмма 2.1 – Статистика отказов в работе токоприемников в период с 2015-2018 гг. Свердловской жд.

Из приведенного анализа случаев повреждения токоприемников можно увидеть, что в период с 2015 по 2016 года была выражена тенденция увеличения случаев неисправности токоприемников. При чем большая часть отказов была оставлена за эксплуатационным хозяйством и службой ремонта. За период с 2017 по 2018 года количество случаев отказов заметно снизилось. Что свидетельствует об улучшении качества работы как в эксплуатационном хозяйстве и службе ремонта, так и в службе электрификации и электроснабжения.

Так же при исследовании случаев повреждения контактной сети было выяснено что, пережоги контактных проводов происходят примерно в 2 раза чаще на линиях постоянного тока, чем переменного, причем вне мест секционирования в 4—5 раз больше, чем в местах секционирования.

Основные причины пережогов вне мест секционирования — короткие замыкания на э.п.с., опускание токоприемников под нагрузкой, трогание мощных электровозов постоянного тока при гололеде на контактных проводах. Пережоги в местах секционирования (на воздушных промежутках и изолирующих сопряжениях) происходят в основном в моменты проследования или остановки на них э.п.с., когда имеет место значительная разница в значениях напряжения на смежных секциях.

При изучении случаев повреждений устройств контактной сети и токоприемников было замечено что:

1. При гололедах, сильных ветрах и низких (менее  $-25\div-30^{\circ}\text{C}$ ) температурах надежность системы понижается, а так как средний температурный уровень составляет  $42,25^{\circ}\text{C}$ , то надежность системы понижается на 50%;
2. Повышение квалификации обслуживающего персонала и применение методов инструментального контроля увеличивают надежность;
3. Чем больше размеры движения (больше число проходов токоприемников), тем менее надежна система;
4. По мере совершенствования оборудования, конструкции узлов и деталей надежность их должна повышаться.

Удельное число повреждений контактной сети, вызванных метеорологическими условиями, за последние годы составляет около 50% общего их количества.

Бесперебойное движение поездов на электрифицированных линиях зависит также от обеспечения нормальной совместной работы контактной сети и токоприемников, которые должны иметь заданные характеристики и строго соответствовать правилам эксплуатации и ремонта.

Высокие скорости движения требуют большой мощности и надежного ее подвода из контактной сети через токоприемники к тяговым агрегатам подвижного состава .

### 3 Оценка стоимости проектирования и реализации участка контактной сети постоянного тока

#### 3.1 Экономическое сравнение оборудования и деталей контактной сети

Для расчета стоимости сооружения проектируемых устройств контактной сети составляем сметы на материалы и монтажные работы. Исходными данными для составления смет являются спецификацией к плану контактной сети, по которым заполняются ведомости объемов работ, а также цены на отдельные работы и затраты. В приложении А приведены таблицы стоимости на материалы и монтажно - строительные работы.

Стоимость материалов и строительно-монтажных работ при проектирование участка контактной сети переменного тока в первом случаи составило:  $15625656+1752178=17377834$  руб.

Стоимость материалов и строительно-монтажных при проектирование участка контактной сети переменного тока во втором случаи составило:  $18679274+1801247=20480521$ руб.

Определим экономию денежных средств в первом случаи на 1км по формуле:

$$\mathcal{E}_0 = \frac{C_2 - C_1}{L}, \quad (3.1)$$

где  $L$  – развернутая длина участка, км.

Экономия денежных средств в первом случаи на 1км участка контактной сети составит:

$$\mathcal{E} = \frac{20480521 - 17377834}{6,4} = 484794 \frac{\text{руб}}{\text{км}}$$

Таблица 3.5 – Техничко-экономическое сравнение двух вариантов участка контактной сети

Стоимость	Вариант 1	Вариант 2
Стоимость материалов	15625656	18679274
Стоимость строительно-монтажных работ:		
В том числе на заработную плату работников	1752178	1801247
Затраты на строительную технику	1000000	1000000
Итого	18377834	21480521

### **3.2 Вывод по разделу**

В ходе выполнения экономической части был произведен сравнительный анализ расчета стоимости проектирования и монтажно-строительных работ участка контактной сети. При расчете стоимости материалов была взята среднерыночная цена каждого элемента контактной сети и далее рассчитана суммарно. Также произведен расчет стоимости строительно-монтажных работ необходимых для реализации данного участка контактной сети. При расчете стоимости строительно-монтажных работ руководствовались численным составом монтажной бригады, а также протяженностью участка на котором производились работы и нормой времени необходимой для выполнения каждого вида работы. В частности была рассчитана стоимость материалов и строительно-монтажных работ, необходимых для реализации участка контактной сети согласно спецификации плана которая составила 17377834 рублей в первом случае, а во втором случае стоимость участка составила 20480521. Так как при сравнительном анализе с технической точки зрения в сметных материалах существенной разницы не выявлено. Экономически целесообразно использовать для реализации участка контактной сети список материалов и монтажно-строительных работ приведенных в первой смете. Экономическая выгода при использовании первого варианта составила 484794 рублей на километр.



## **4 Безопасность жизнедеятельности**

### **4.1 Меры безопасности при монтаже вставки в контактный провод со снятием напряжения**

#### **4.1.1 Актуальность проблемы безопасного производства работ на контактной сети**

В процессе работы контактной подвески при взаимодействии контактных проводов и токоприемника происходит изнашивание этой контактной пары. При длительном износе контактного провода площадь его сечения уменьшается так значительно, что под воздействием рабочего натяжения может произойти разрыв провода. Также при некачественной регулировке подвеса возможен отрыв токоприемника от контактных проводов с образованием дуги и повреждением ей контактных проводов. Для сохранения работоспособности контактных проводов, если средний износ по участку еще находится в допустимых пределах, но вследствие повреждения или по иной причине имеется значительный местный износ, целесообразнее выполнить замену участка контактного провода и монтаж вставки нового участка провода.

Работа по монтажу вставки в контактный провод, как и большинство работ на контактной сети, сопряжена с воздействием на персонал вредных и опасных производственных факторов. Это воздействие при несоблюдении техники безопасности может привести к причинению вреда здоровью персонала или даже стоить жизни. Так как на двухпутных участках при работах по одному из путей движение по второму сохраняется, требуется выполнять работу вблизи действующих путей, по которым происходит движение поездов в обычном режиме, а напряжение с контактной сети не снимается. При отсутствии понимания работниками всей опасности работы на железнодорожных путях, несоблюдении организационно-технических мероприятий, технологии работы при монтаже вставки, использовании непроверенного оборудования существует большая опасность получения персоналом травм, повреждения дорогостоящего оборудования и перерыва в движении поездов.

Монтаж вставки сопряжен с работой с подъемной площадки автотрисы и прикосновением к обесточенным элементам подвески, которые могут оказаться под напряжением при ошибке энергодиспетчера (при этом уровень напряжения значительно превосходит безопасные пределы). Кроме того, при работе вблизи неогражденного пути при невнимательности возможен наезд на работников подвижного состава с причинением травм. При работе без защитных касок и с неисправными полиспадами возможно падение инструмента с высоты на персонал, находящийся внизу, с причинением тяжелых травм. При работе без предохранительных поясов при потере

координации или резком порыве ветра электромонтер может упасть с площадки автотрисы.

Кроме того, при выполнении работ по установке вставки на работников могут действовать и другие вредные и опасные факторы, которые могут влиять на здоровье работников: шум проходящего подвижного состава; воздействие низких и высоких температур окружающего воздуха; высокая или низкая влажность воздуха; повышенная запыленность; физические перегрузки, нервно-психические перегрузки (большое количество объектов наблюдения, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

Следовательно, для обеспечения безопасности работников и сохранения их здоровья необходимо четко представлять, какие факторы производят на них влияние, каковы пределы их воздействия, какие действия и в какой последовательности надо совершать, использовать все необходимые приспособления, прошедшие своевременные испытания, а также выполнять требования всех нормативных документов в области охраны труда. Такой подход к выполнению служит залогом безопасной и технически правильной работы.

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

Процесс безопасного производства работ в электроустановках и в частности на контактной сети регламентируется государственными и ведомственными нормативными документами: «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок» (ПОТЭУ) [16], «Правила безопасности при эксплуатации контактной сети и устройств электроснабжения автоблокировки железных дорог» [17], «Инструкция по безопасности для электромонтеров контактной сети» [18], технологические карты на работы по содержанию и ремонту устройств контактной сети электрифицированных железных дорог (ЦЭ-868-П5/3) [20], приказ Минтруда России №33н от 24 января 2014 г. «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда.

Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению» [25], «Правила по охране труда при работе на высоте», утвержденными Приказом Минтруда России от 28.03.2014 №155н [35], «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 N 123-ФЗ [37], «Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках» [40].

В Правилах [16] приведены требования к персоналу, производящему работы в электроустановках, определены порядок и условия производства работ, рассмотрены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ, испытаний и измерений в электроустановках всех уровней напряжения.

Правила [17,18] разработаны в соответствии с правилами устройства электроустановок и Правилами [16] и устанавливают требования безопасности

и являются обязательными при техническом обслуживании, ремонте и испытании действующих электроустановок железнодорожного транспорта.

Технологические карты [20] определяют схему последовательного технологического процесса при выполнении конкретной работы, определяют необходимый состав исполнителей, применяемое оборудование.

Приказ [25] утверждает методику проведения специальной оценки условий труда, нормирует допустимые уровни воздействия вредных факторов на работников.

Правила [35] устанавливают государственные нормативные требования по охране труда и регулируют порядок действий работодателя и работника при организации и проведении работ на высоте. Они определяют принадлежность заданного типа работы к работам на высоте, описывают требования к работникам, меры обеспечения безопасности работ на высоте, организацию работ на высоте.

Регламент [37] определяет основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности, в том числе к зданиям, сооружениям и строениям, промышленным объектам и т.д.

#### **4.1.3 Меры безопасности при выполнении работ при монтаже вставки в контактный провод со снятием напряжения**

Работа по монтажу вставки в контактный провод со снятием напряжения выполняется бригадой из трех человек: электромеханика или электромонтёра 6 разряда, электромонтера 5 разряда и электромонтера 4 разряда.

Работа выполняется со снятием напряжения с рабочей площадки автомотрисы, с навесной лестницы 3 м (рисунок Г.1), с подъемом на высоту. Выполнение работы производится с перерывом в движении поездов в «окно» продолжительностью не менее часа, по наряду и приказу энергодиспетчера с указанием времени, места и характера работ. При работе на станционных путях – по согласованию с дежурным по станции. При производстве работ в местах секционирования производится шунтирование проводов смежных секций.

Для безопасного производства работ и достижения высокой производительности труда при установке шунта необходимо использовать следующий перечень машин, механизмов, исправного и проверенного инструмента: автомотриса (дрезина), четыре натяжных зажима, муфта натяжная, полиспасть на 20 кН, полиспасть на 5 кН, две монтажных струбцины, ножовка по металлу с запасными полотнами, свинцовый молоток и правило, два рихтовочных ключа, навесная трехметровая лестница, набор инструментов электромонтера, заземляющая штанга (по числу мест в наряде, см. рисунок Г.2).

Работа проводится в спецодежде с применением индивидуальных средств защиты (защитные каски и сигнальные жилеты (у всех членов бригады), проверенные предохранительные пояса (у исполнителей, см. рисунок Г.3), пара

диэлектрических перчаток), аптечки и набора инструмента электромонтера [17].

У всех монтажных приспособлений, защитных средств, сигнальных принадлежностей и используемого инструмента проверяется исправность и сроки испытаний.

Запрещается применять для работы средства защиты, подъемные механизмы и монтажные приспособления:

- не соответствующие механической нагрузке или напряжению;
- без клейма испытания или с просроченной датой испытания;
- с надрывом каната полиспастного блока;
- с надрывом медных жил тросов заземляющих или шунтирующих штанг, шунтирующих перемычек (более 5% общего сечения жил), с нарушением (ослаблением) контактов этих тросов в местах присоединения или наличием скруток;
- с трещинами в несущих элементах стяжных муфт, крюковых клемм и натяжных зажимов, крюках полиспастных блоков;
- без блокировки или с неисправной блокировкой безопасности заземляющей штанги, нарушением работы пружины, ее башмака или пружины контактной головки;
- с надрывами или повреждениями на предохранительном поясе, его цепи (стропе), карабине или застежке.

Запрещается применять пояса со сломанной или ослабевшей запирающей пружинной замка карабина, с неисправным замком, с карабином, имеющим заедание.

Запрещается применять средства защиты и монтажные приспособления с преднамеренно измененной конструкцией, не прошедшей утверждения в установленном порядке [17].

Техническими мероприятиями по обеспечению безопасности работающих являются [17]:

- закрытие путей перегонов и станций для движения поездов, выдача предупреждений на поезда и ограждение места работ;
- снятие рабочего напряжения и принятие мер против ошибочной подачи его на место работы;
- проверка отсутствия напряжения;
- наложение заземлений, шунтирующих штанг или перемычек, включение разъединителей;
- освещение места работы в темное время суток.

Последовательность операций при производстве работ по монтажу вставки в контактный провод должна соответствовать технологической карте [20] и приведена в П.Д.



## **4.2 Экспертиза дипломного проекта на соответствие всех разделов требованиям безопасности и экологичности**

### **4.2.1 Промышленная санитария (гигиена труда)**

В настоящее время на территории Российской Федерации действуют санитарные правила СП 1.1.1058-01 “Организация и проведение производственного контроля за соблюдением санитарных правил и выполнением санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий”, утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 13.07.2001 № 18. Этим документом на работодателя возлагается, в том числе и контроль за проведением лабораторных испытаний производственных факторов на рабочих местах (шум, вибрация, температура, влажность и т. д.). Работодатель обязан проводить производственный контроль в соответствии с СП 1.1.1058-01 и представлять информацию о результатах производственного контроля учреждениям Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор) по их запросам.

Вредными факторами при производстве работ на контактной сети являются:

- постоянная работа на открытом воздухе (воздействие снега, ветра, дождя, солнца);
- работа на высоте (при работе со съемной вышки, приставной лестницы, площадки автомотрисы);
- шум (от проходящего подвижного состава, работающих дизель-генераторов, рабочего инструмента);
- рабочая поза (работа в полусогнутом или висячем положении);
- эмоциональное напряжение (осознание опасности от частей, находящихся под напряжением, от проходящих поездов, от возможных неправильных действий коллег);
- воздействие электромагнитного поля (от действующих линий электропередач);
- воздействие вибрации (при нахождении на площадке автомотрисы, для водителя автомотрисы – постоянная общая вибрация);
- перемещения пешком, обусловленные технологией работ (осмотры контактной сети перегонов), большая физическая нагрузка.

Защита работников дистанции электроснабжения от неблагоприятных климатических факторов при работах на открытом воздухе осуществляется путем обеспечения персонала одеждой в соответствии с «Типовыми нормами бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех отраслей экономики, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с

загрязнением», утвержденными Министерством здравоохранения и социального развития РФ приказом №541н от 1 октября 2008 года (электромонтеры контактной сети обеспечиваются теплозащитным костюмом, валенками, зимней шапкой со звукопроводными вставками, меховыми рукавицами). Также устанавливаются ограничения в работе при ветре со скоростью 12 м/с, дожде, тумане. При отрицательной температуре предусмотрены технологические перерывы через определенные промежутки времени в зависимости от погодных условий.

Физическая тяжесть труда по большинству видов проводимых работ относится в соответствии [25], к категории средней тяжести с уровнем энергозатрат 150 – 250 кКал/ч (II категории). Наряду с этим, имеется значительная часть работ, которая относится к физически тяжелым – III категории тяжести при уровне энергозатрат 250 – 300 кКал/ч и более (подъем и перенос лейтера весом 100 – 150 кг до 10 раз в час, работа с блоками, вырезка несущего троса, затаскивание на лейтер изоляторов, натяжение вручную контактного провода и другое).

Допустимые значения электромагнитного излучения регламентируются [25]. На рабочих местах электромонтеров при восьмичасовом воздействии предельно допустимый уровень составляет 5 кВ/м. Контактный провод на участках постоянного тока создает электромагнитное поле, уровень которого на рабочем месте ниже уровня электромагнитного поля при переменном токе и по расчетным данным не превышает действующий предельно допустимый уровень (ПДУ).

Допустимые значения вибрации регламентируются [25]. В случае превышения допустимых требований необходимо использовать средства защиты. Для виброзащиты применяются средства индивидуальной ног и тела оператора. Также кресло водителя дрезины должно иметь крепление к кузову через демпфирующие элементы.

Предельно допустимый уровень шума на рабочем месте регламентируется [25]. При работе электромонтера эквивалентный уровень звука от проходящих поездов достигает 78 дБА при ПДУ – 80 дБА. Высокий уровень звука обычно воздействует на электромонтера кратковременно (при проходе поезда в течение 1-2 минут), уровень шума не превышает допустимые пределы, поэтому специальных защитных устройств не требуется. В целях сохранения внимания электромонтеров необходимо ограничить продолжительность смены, установить перерывы в работе. В случае необходимости выполнения большого объема работ иногда целесообразно привлекать к работе несколько бригад, чтобы уменьшить время выполнения работы.

На основании указанных характеристик рабочего места электромонтера контактной сети составляется карта специальной оценки условий труда – документ, содержащий сведения о фактических условиях труда на рабочем месте, применяемых льготах, компенсациях, доплатах работникам и о их соответствии действующему законодательству, нормах (выдачи спецодежды и

др. СИЗ), а также рекомендации по улучшению условий труда на данном рабочем месте (аналогичных рабочих местах) и, в случае необходимости, предложения об отмене (или о введении новых) льгот и компенсаций.

#### 4.2.2 Безопасность труда

Опасными факторами при производстве работ на контактной сети являются:

- работа с повышенной опасностью, высоким напряжением в контактной сети, ВЛ автоблокировки и продольного электроснабжения;
- работа в условиях движения подвижного состава на путях;
- работа на высоте (при работе со съёмной вышки, площадки автомотрисы, приставной лестницы);
- работа с грузоподъемными механизмами.

При работе необходимо использовать приспособления, которые по показателям, характеристикам и нормам испытания подходят для данной работы (полиспасты определенного уровня нагрузки, диэлектрические перчатки, изолирующие штанги, натяжные зажимы и другие механизмы и приспособления). Все токоведущие части имеют изоляцию от несущих конструкций. Разъединители контактной сети имеют блокировки от случайного включения. Для защиты от пробоя изоляции на опорах контактной сети предусмотрены заземляющие спуски, прикрепленные к тяговому рельсу. Для предупреждения поражения людей и защиты производственного оборудования от обрыва контактного провода, предусмотрены быстродействующие защиты, которые отключают быстродействующие автоматы на тяговых подстанциях, постах секционирования и пунктах параллельного соединения за очень короткое время.

Работы на высоте регламентируются «Правилами по охране труда при работе на высоте», утвержденными Приказом Минтруда России от 28.03.2014 №155н [35]. К таким работам допускаются лица, достигшие 18 лет. Данные лица должны выполнить ряд требований: пройти медицинскую комиссию и получить заключение о допуске к работам на высоте, получить инструктаж по технике безопасности (после прохождения соответствующего обучения). Также у них должен быть допуск к самостоятельной работе. Работники всех специальностей для выполнения даже кратковременных работ на высоте с лестниц должны обеспечиваться предохранительными поясами и, при необходимости, защитными касками. Все работы на высоте должны осуществляться только в светлое время суток. В аварийных ситуациях (для экстренного проведения ремонтных работ), на основании приказа администрации, работы на высоте в темное время суток также могут быть осуществлены, но только при полном соблюдении всех правил безопасности.

Кроме этого, в темное время суток рабочее место должно быть хорошо освещено в соответствии с действующими нормами. При силе ветра 10-12 м/сек и более работы на высоте не могут быть произведены. Кроме того, выполнение

таких работ запрещено при прохождении снегопадов и гроз, при наличии гололеда.

Все работы на контактной сети производятся с обязательным ограждением места работ. Персоналу, производящему работы на контактной сети, выдаются сигнальные жилеты для обеспечения безопасности работы.

Вновь поступившие работники обучаются охране труда с последующей проверкой знаний и стажировкой. При овладении основными навыками работник приступает к самостоятельному выполнению профессиональных обязанностей на рабочем месте под надзором опытного работника с обязательным прохождением противоаварийной и противопожарной тренировки (дублирование). По окончании стажировки (дублирования) и при удовлетворительных результатах проверки знаний по вопросам охраны труда приказом работодателя (или руководителя структурного подразделения) работник допускается к самостоятельной работе, о чем делается запись в журнале регистрации инструктажей.

#### **4.2.3 Безопасность при чрезвычайных ситуациях**

К чрезвычайным ситуациям на контактной сети относят происшествия [21,22]:

- аварийная поломка устройств контактной сети;
- пожар вблизи контактной сети;
- террористический акт.

Обрыв контактного провода или поломку устройств контактной сети необходимо устранить в короткие сроки по технологическим картам на данный вид работ с минимальной задержкой движения пассажирских и грузовых поездов.

Непосредственно устройства и провода контактной сети пожаробезопасны, но необходимо соблюдать меры электробезопасности при ликвидации пожара в непосредственной близости от контактной сети. При обнаружении пожара вблизи контактной сети или дополнительных проводов и связанных с ними устройств, требуется незамедлительно поставить в известность поездного диспетчера, энергодиспетчера или сотрудников ЭЧК. До отключения контактной сети тушение предметов или механизмов, расположенных на расстоянии менее 2 м от контактной сети, допускается выполнять лишь с применением порошковых, углекислотнобромэтиловых, аэрозольных и углекислотных огнетушителями. При этом не допускается приближение к проводам контактной сети менее, чем на 2 м. Использование при ликвидации пожара воды, пенных или иных огнетушителей допускается только при снятом с проводов напряжении и их заземлении.

При организации тушения пожара на электрифицированных участках запрещается до снятия напряжения приближаться к проводам и другим частям



контактной сети и воздушных линий на расстояние менее 2 м, а к оборванным проводам контактной сети на расстояние менее 8 м до их заземления.

В каждом районе контактной сети должно быть назначено лицо, ответственное за пожарную безопасность цеха. Территория районов контактной сети должна систематически очищаться от производственных и бытовых отходов, опавших листьев, травы, тополиного пуха.

Для предотвращения террористической угрозы на все дороги направлены:

- распоряжение №2628р от 20 декабря 2010 г. «Об утверждении концепции корпоративной безопасности ОАО «РЖД» в условиях реформирования» [43];

- наглядное пособие «Внимание! Терроризм», в котором содержится информация о возможных местах установки взрывных устройств, о том, как должны действовать работники транспорта и пассажиры в случае террористической угрозы и т.д.;

- методические указания и памятки для различных категорий работников железнодорожного транспорта о действиях при нештатных ситуациях, например, если на вокзале пассажир обнаружил подозрительный предмет или в дежурную службу транспортной организации поступило сообщение о заминировании и проч.;

Также выполняется ряд мероприятий:

- организация охраны общественного порядка;
- поддержание постоянной бдительности без элементов психоза, паники, патологической подозрительности с привлечением общественности;

- организация контроля над передвижением автотранспорта и его парковкой на территории;

- создание системы контроля над всеми помещениями на территории посредством опечатывания с определением персональной ответственности.

При обнаружении подозрительного предмета – сумки или свертка, лежащего в не предназначенном месте, необходимо сообщить в правоохранительные органы. При анонимном звонке с угрозой совершения теракта, нужно получить как можно больше информации от звонящего: о месте положения взрывного устройства, его типе, времени взрыва, требованиях звонящего. Так же, запомнить время звонка, по возможности – место, откуда произведен звонок, возраст звонящего, манеру его общения, акцент и другую информацию. После звонка, поставить в известность об угрозе правоохранительные органы и местное управление по ГО и ЧС.

#### **4.2.4 Требования экологической безопасности**

Контактная сеть железнодорожного транспорта в силу специфики своего назначения и процесса работы является одним из наиболее экологически безопасных устройств на железных дорогах. Все элементы контактной сети изготавливаются из нетоксичных элементов: металла (медь и ее сплавы, сталь и чугун, алюминий) и бетона. Постепенный износ и разрушение элементов

контактной сети не приводит к загрязнению окружающей среды опасными веществами.

Металлические опоры контактной сети, примененные в проекте, имеют разборное соединение с фундаментом, что делает возможным повторно их использование. При повреждении стойки в процессе эксплуатации, ее утилизация производится как вторичное сырье (аналогично, как это делается для других изделий из черных металлов). Бетонные конструкции должны быть вывезены на специальные предприятия для разбивки, отделения арматуры от бетона.

В процессе эксплуатации контактной сети не образуется каких-либо опасных химических соединений, отсутствуют выбросы таких соединений в атмосферу. При воздействии ветра на элементы контактной сети возможно возникновение колебаний проводов, которые передаются в землю и могут воздействовать на живые организмы. Однако их величина незначительна на фоне вибраций от проходящего подвижного состава, поэтому практически не оказывает воздействие на экологию. При строительстве контактная сеть всегда располагается в теле насыпи, в полосе отвода железной дороги и не требует отведения дополнительных земель.

Элементы контактной сети, находящиеся под напряжением, расположены на значительной высоте, поэтому опасность гибели животных при касании ими токоведущих частей отсутствует. Для недопущения поражения электрическим током птиц, а также препятствования их гнездованию на элементах опор и жестких поперечин должны быть использованы специальные репеллентные защиты на изоляторах и жестких поперечинах.

Основную угрозу для окружающей среды при строительстве контактной сети, электрифицированной на постоянном токе, представляет возможное загрязнение прилегающей к дороге территории различными веществами вследствие электрокоррозии и разрушения находящихся вблизи трубопроводов.

Для предотвращения этого проводятся специальные мероприятия по защите от электрокоррозии [39]. Защита подземных сооружений обеспечивается выполнением комплекса мероприятий по ограничению блуждающих токов в земле и применением пассивных и активных средств защиты на самих сооружениях.

Для охраны земляных ресурсов необходимо уничтожать отходы, которые имеют место при замене вышедшего из строя оборудования контактной сети.

Вывоз и складирование демонтируемых конструкций и проводов осуществляется в специально отведенное для этого место в районе контактной сети с дальнейшей их утилизацией через организации вторсырья. Нарушенные при установке опор кюветы и водоотводы восстанавливаются сразу по окончании работы в этом месте.

### 4.3 Вывод по разделу

В первой части раздела «Безопасность и экологичность проекта» была рассмотрена безопасность выполнения работ при монтаже вставки в контактный провод со снятием напряжения: описана актуальность проблемы обеспечения безопасности персонала (выполнение работ вблизи частей, которые могут оказаться под напряжением, движение поездов по соседним путям), перечислены нормы и правила охраны труда, пожарной и электробезопасности, приведены требования нормативных документов, регламентирующих методы подготовки к работе и производство самих работ по установке опоры.

Во второй части раздела изучено соответствие проекта нормам, изложенным в инструкциях по безопасности и экологии. Приведена характеристика опасных и вредных производственных факторов, определяющих условия труда при работах на контактной сети, их предельные значения. Рассмотрены меры, применяемые для безопасности производственного оборудования и производственных процессов. Разработаны требования промышленной санитарии и экологической безопасности. Описаны меры безопасности при чрезвычайных ситуациях.

Разработанный проект соответствует всем нормам и требованиям безопасности. Безопасность персонала обеспечивается строгим выполнением предписанных норм и правил безопасности в технологическом процессе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе были рассмотрены следующие вопросы:

1. Были рассчитаны нагрузки, действующие на контактную подвеску проектируемого участка. Нагрузка от собственного веса контактной подвески составил 29,932 Н/м. Результирующая нагрузка на несущий трос без учета ветровой нагрузки на контактный провод равн 26,232.

2. Рассчитана максимальная длинна пролета на прямом участке пути равна 110,7 м, что больше допустимой по условиям токосъёма, поэтому максимальная длинна пролета была принята 70 м. Для кривых радиусом 600 м допустимая длинна пролета составила 57 м, для кривых радиусом 850 и 1000 метров допустимые длины пролетов составили 65 и 68 метров соответственно.

3. Произведен подбор стоек опор контактной сети с составлением схемы загрузки опоры и определены нагрузки и величины внешних сил действующие на них при различных расчетных режимах.

4. Спроектирован план контактной сети перегона постоянного тока.

5. Произведен анализ случаев повреждения контактной сети и токоприемников.

6. Произведен расчет экономических затрат необходимых для реализации разработанного проекта участка контактной сети в двух вариантах и произведено их сравнение с целью выбора более экономически выгодного варианта.

7. Рассмотрены безопасные методы труда при вставке контактного провода .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Контактные сети и ЛЭП : учеб.-метод. пособие / А. В. Ефимов [и др.] ; под ред. А.В. Ефимова. – Екатеринбург : УрГУПС, 2009. – 88 с.
2. СТН ЦЭ 141-99. Нормы проектирования контактной сети. – М. : МПС, 2001. – 259 с.
3. ЦЭ-868. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог. – М. : «Трансиздат», 2001. – 184 с.
4. ЦЭ-191. Инструкция по заземлению устройств энергоснабжения на электрифицированных железных дорогах. – М. : ОАО «РЖД», 2003. – 29 с.
5. Марквардт К. Г. Контактная сеть : Учебник для вузов ж.-д. трансп. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1994. – 335 с.
6. Фрайфельд А.В. Проектирование контактной сети. – 2-е издание, перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1984. – 327 с.
7. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок – М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2014. – 120 с.
8. Правила безопасности при эксплуатации контактной сети и устройств электроснабжения автоблокировки железных дорог ОАО "РЖД" №103 – М. : ОАО «РЖД», 2010. – 88 с.
9. Инструкция по безопасности для электромонтеров контактной сети №104. – М. : ОАО «РЖД», 2010. – 246 с.
10. ЦЭ-868–П5/3. Технологические карты на работы по техническому содержанию и ремонту устройств контактной сети и воздушных линий электропередачи электрифицированных железных дорог. – М. : Трансиздат, 2012. – 356 с.
11. Кузнецов К.Б. Электробезопасность в электроустановках железнодорожного транспорта / К.Б. Кузнецов, А.С. Мишарин. – Екатеринбург : Изд-во УрГАПС, 1999. – 425 с.
12. Чекулаев В.Е. Охрана труда и электробезопасность: учебник / В.Е. Чекулаев, Е.Н. Горожанкина, В.В. Лепеха. – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2012. – 304 с.
13. Приказ Минтруда России №33н от 24 января 2014 г. «Об утверждении Методики проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению»
14. Приказ Минтруда России от 28.03.2014 №155н (ред. от 17.06.2015) "Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте". – М. : Изд-во стандартов, 2015. – 2 с.
15. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ – М. : Изд-во стандартов, 2008. – 2 с.
16. Инструкция по защите железнодорожных подземных сооружений от коррозии блуждающими токами. – М. : Трансиздат, 1999. – 34 с.



17. СО153-34.03.603-2003. Инструкция по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках. – М. : Минэнерго России, 2003. – 58 с.
18. Распоряжение №2628р от 20 декабря 2010 г. «Об утверждении концепции корпоративной безопасности ОАО «РЖД» в условиях реформирования». – М. : ОАО «РЖД», 2013. – 2 с.
19. Устройство портативное для измерения параметров контактной сети "ТЕЛЕКС-2" : Руководство по эксплуатации 1 СР.252.290-05РЭ. - Санкт-Петербург, 2017. – 34 с.
20. Фрайфельд А.В. Устройство, сооружение и эксплуатация контактной сети и воздушных линий : Учебник для техн. школ ж.-д. трансп. / А.В. Фрайфельд, Н.А. Бондарев, А.С. Марков – М. : Транспорт, 1986. – 336 с.
21. Михеев В.П. Контактные сети и линии электропередачи: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. – М. : Маршрут, 2003. – 416 с.
22. Бондарев Н.А. Контактная сеть: Учебник для студентов техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. / Н.А. Бондарев, В.Е. Чекулаев – М. : Маршрут, 2006. – 590 с.
23. Экономика железнодорожного транспорта / под ред. Н.П. Терешинной. – М. : Транспорт, 2011. – 425 с.
24. Белинский С.О. Безопасность и экологичность при проектировании и эксплуатации электроустановок : методическое пособие / С.О. Белинский, К.Б. Кузнецов. – Екатеринбург : УрГУПС, 2006. – 35 с.
25. Охрана труда и основы экологии на железнодорожном транспорте и в транспортном строительстве / под ред. В.С. Крутякова – М. Транспорт, 1993. – 280 с.
26. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах". – М. : Изд-во стандартов, 2017. – 25 с.
27. Чекулаев В.Е. Контактная сеть и воздушные линии. Нормативно-методическая документация по эксплуатации контактной сети и ВЛ. Справочник. – М.: Транспорт, 2001. – 476 с.
28. Приказ №533 от 12 ноября 2013 г. «Об утверждении федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения», Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. – М. : Изд-во стандартов, 2013. – 2 с.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расчетная схема для подбора опор  
(обязательное)

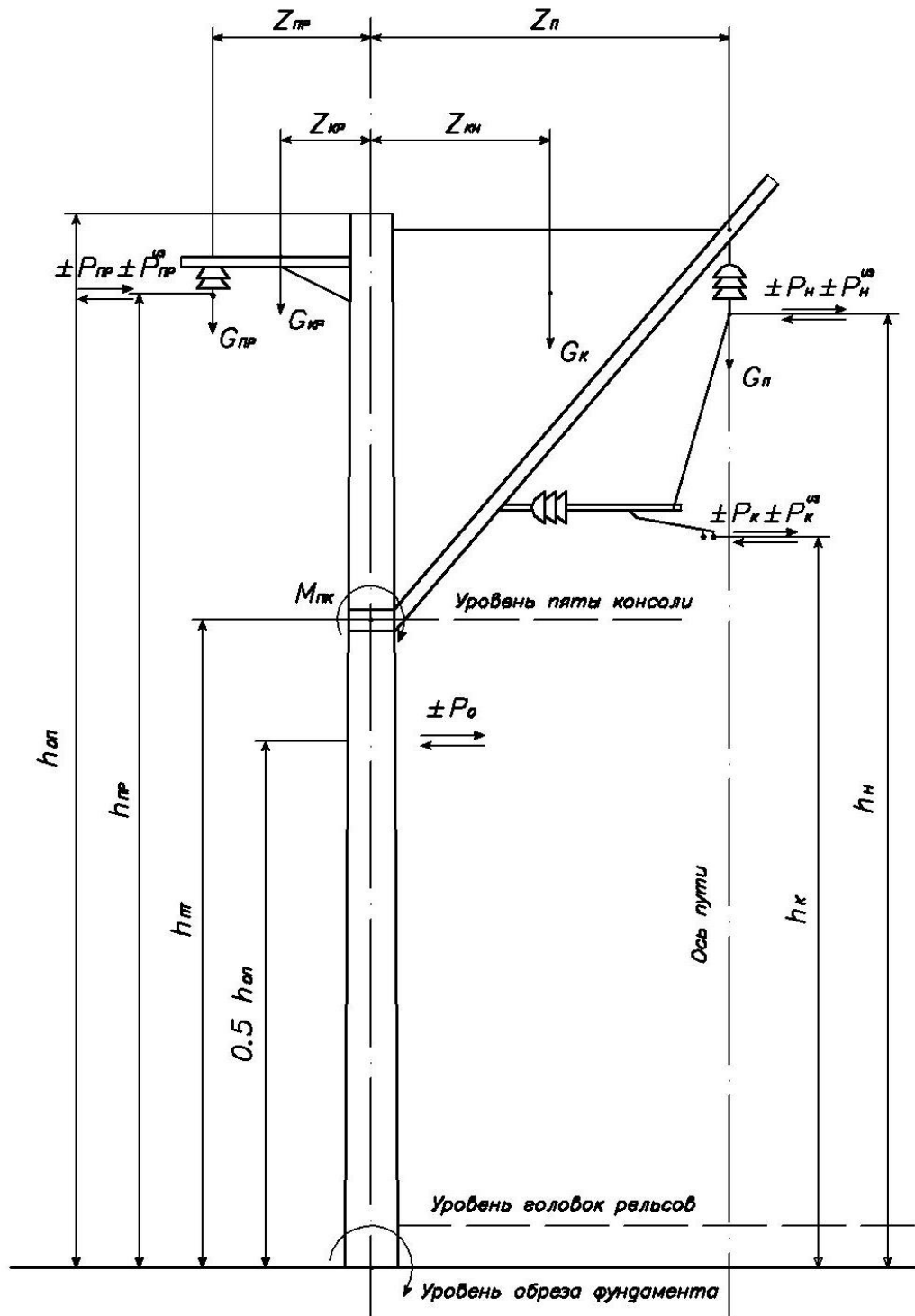


Рисунок А.1 – Расчетная схема для подбора опор

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Оценка стоимость проектирования и реализации участка контактной сети  
постоянного тока  
(обязательное)

Таблица Б.1 – Предварительная сметная стоимость материалов  
при проектировании участка контактной сети. Вариант №1.

Наименование оборудования	Тип оборудования	Единицы измерения	Кол-во	Цена за ед. (руб.)	ИТОГО (руб.)
1	2	3	4	5	6
Металлическая стойка	МШК 10-60	шт	48	49370	2369760
Металлическая стойка	МШК 10-80	шт	38	53150	2019700
Металлическая стойка	МШК 10-100	шт	20	57480	1149600
Фундамент трехлучевой повышенной надежности	ТАС-4.5-2	шт	48	17001	816048
Фундамент трехлучевой повышенной надежности	ТАС-4.5-3	шт	38	17001	646038
Фундамент трехлучевой повышенной надежности	ТАС-4.5-4	шт	20	17001	340020
Анкер трехлучевой повышенной надежности	ТАС-4.5	шт	20	17001	340020
Консоль неизолированная	НТК-1	шт	46	3024	139104
Консоль неизолированная	НТ-1н	шт	21	3480	73080
Консоль неизолированная	НТ-2н	шт	35	3550	124250
Фиксатор постоянного тока	ФП-1	шт	25	1734	43350
Фиксатор постоянного тока	ФО-2	шт	25	2150	53750
Фиксатор постоянного тока	ФО-1у	шт	24	600	14400
Фиксатор постоянного тока	ФП-2у	шт	8	1734	13872

Окончание таблицы Б.1

1	2	3	4	5	6
Кронштейн ДПР	КФЦ-6,5	шт	106	1360	144160
Ограничитель перенапряжений	РР-1	шт	10	7800	78000
Анкерные оттяжки	БО-1	шт	12	1260	15120
Анкерные оттяжки	БПО-2	шт	8	1980	15840
Изолятор подвесной стержневой полимерный	ПСПКр-120-25/1,1-к	шт	212	1500	318000
Изолятор фиксаторный стержневой полимерный	ФСПКр-120-25/1,1	шт	106	1600	169600
Изолятор полимерный	НСПКр-120-25/1,1	шт	26	1000	26000
Изолятор полимерный	ПСПКр-120-25/1,1	шт	100	1000	100000
Изолятор для волновода	ТФ-20	шт	50	56	2800
Несущий трос	М-120	км	8510	322690	2733184
Контактный провод	МФ-100	км	7822	452000	3521984
Провод дпр	АС-50/8	км	7242	47000	347424
Хомут крепления тяги и пяты консоли	ХТПК-1	шт	212	1000	212000
Блок компенсатора	КС-041	шт	24	2500	60000
Клемма	КС-124	шт	116	160	18560
Итого					15625656

Таблица Б.2 – Предварительная стоимость строительно-монтажных работ при проектировании участка контактной сети Вариант №1.

Вид работ	Состав бригады	Зарплата	Кол-во	Норма времени	Итого
1	2	3	4	5	6
Земляные работы при раскопке котлованов для фундаментов	VI-1 IV-1 III-2	280	106	5,88	174518,4
Установка опор	VI-1 IV-1 III-2	360	106	1,36	51897,6
Установка трехлучевого анкера	VI-1 IV-1 III-2	360	20	2,26	16272

Продолжение таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6
Монтаж анкерных оттяжек	V-1 IV-1 III-1	270	20	1,24	6696
Монтаж несущего троса	электромеханик VI-1 V-2 IV-3 III-4	1100	8,5км	61,5	575025
Монтаж контактного провода	электромеханик VI-1 V-2 IV-3 III-4	1100	7,8км	61,5	527670
Монтаж хомутов крепления тяги и пяты консоли	V-1 IV-2 III-1	360	212	0,32	24442,4
Монтаж кронштейнов КФЦ-6,5	VI-1 IV-2 III-1	370	106	3,1	43142
Монтаж изолированных консолей	VI-1 V-1 IV-2 III-2	550	106	2,6	151580
Монтаж провода ДПР	V-1 IV-2 III-2	420	7,4км	40,5	125874
Монтаж рогового разрядника	VI-1 IV-2 III-1	370	10	2,58	9546
ФСПКр-120.25/1,1	VI-1 V-1 IV-1 III-1	380	106	0,48	19334
ПСПКр-120.25/1,1	VI-1 V-1 IV-1 III-1	380	212	0,25	20140
Монтаж заземления опор	V-1 IV-1	190	106	0,15	3021



## Окончание таблицы Б.2

1	2	3	4	5	6
Установка нумерации	V-1 IV-1	190	106	015	3021
Итого					1752178

Таблица Б.3 – Предварительная сметная стоимость материалов при проектировании участка контактной сети.  
Вариант №2.

Наименование оборудования	Тип оборудования	Единицы измерения	Кол-во	Цена за ед.(руб.)	ИТОГО (руб.)
1	2	3	4	5	6
Стойка железобетонная	СКЦ-4,5-13,6	шт	48	48680	2336640
Стойка железобетонная	СКЦ-6,0-13,6	шт	49	52980	2596020
Стойка железобетонная	СКЦ-8,0-13,6	шт	31	56560	1753360
Фундамент клиновидный	ФКА-98-4,0	шт	79	16505	1303895
Фундамент клиновидный	ФКА-117-4,0	шт	49	17150	840350
Фундамент клиновидный	ФКА-117-4,0	шт	24	17150	411600
Консоль неизолированная	НР-65	шт	59	3980	234820
Консоль неизолированная	НС-6,5	шт	45	4170	187650
Фиксатор переменного тока	ФП-1	шт	38	1810	68780
Фиксатор переменного тока	ФО-2	шт	59	2370	139830
Фиксатор переменного тока	ФП-1у	шт	39	1600	62400
Фиксатор переменного тока	ФА-3	шт	12	1734	20808
Кронштейн волновода	КВ-6-2ш	шт	64	225	14400
Кронштейн ДПР	КФДЦ-5	шт	64	1360	87040
Ограничитель перенапряжений	РР-1	шт	12	7800	93600
Анкерные оттяжки	БО-1	шт	12	1360	16320
Анкерные оттяжки	БКО-2	шт	12	2180	26160

## Окончание таблицы Б.3

1	2	3	4	5	6
Изолятор фиксаторный стержневой фарфоровый	ФСФ-70-25/0,95	шт	128	1670	213760
Изолятор консольный стержневой полимерный	ПС-70	шт	1956	610	1193160
Изолятор для волновода	ТФ-20	шт	64	56	3712
Несущий трос	М-120	км	8470	322890	2744565
Контактный провод	МФ-100	км	7792	452200	3527160
Провод дпр	АС-50/8	км	7392	47000	347424
Волноводный провод	БСМ1-4,0	км	3696	25400	93980
Узел крепления пяты консоли	КС-139	шт	128	500	64000
Верхний узел крепления консоли закладной	КС-140	шт	128	480	61440
Узел крепления кронштейна	КС-141	шт	64	250	16000
Блок компенсатора	КС-041	шт	36	2500	90000
Клемма	КС-124	шт	140	160	22400
Итого					1867927 4

Таблица Б.4 – Предварительная стоимость строительно-монтажных работ при проектировании участка контактной сети. Вариант №2.

Вид работ	Состав бригады	Зарплата	Кол-во	Норма времени	Итого
1	2	3	4	5	6
Земляные работы при раскопке котлованов для фундаментов	VI-1 IV-1 III-2	280	152	5,88	250252,8
Установка опор	VI-1 IV-1 III-2	360	128	1,36	62668,8
Установка трехлучевого фундамента	VI-1 IV-1 III-2	360	128	2,26	104140,8

## Окончание таблицы Б.4

1	2	3	4	5	6
Установка трехлучевого анкера	VI-1 IV-1 III-2	360	24	2,26	19526,4
Монтаж анкерных оттяжек	V-1 IV-1 III-1	270	24	1,24	8035,2
Монтаж несущего троса	электромеханик VI-1 V-2 IV-3 III-4	1100	8,5км	61,5	575025
Монтаж контактного провода	электромеханик VI-1 V-2 IV-3 III-4	1100	7,8км	61,5	527670
Монтаж закладных тяги и пяты консоли	V-1 IV-1	190	290	0,15	8265
Монтаж кронштейнов КФДЦ-5	VI-1 IV-2 III-1	370	64	3,1	73408
Монтаж кронштейнов КВ-6-2ш	V-1 IV-2	270	64	0,45	7776
Монтаж волновода	V-1 IV-1 III-1	270	3,7км	24,56	4555.44
Монтаж рогового разрядника	VI-1 IV-2 III-1	370	12	2,58	11455,2
Монтаж заземления опор	V-1 IV-1	190	140	0,15	3990
Установка нумерации	V-1 IV-1	190	128	0,15	3648
Итого					1801247

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### Последовательность работ по монтажу вставки в контактный провод (обязательное)

Накануне работ передать заявку энергодиспетчеру на выполнение работ со снятием напряжения в зоне работы с применением рабочей площадки автомотрисы (дрезины) и предоставление «окна» в движении поездов, с указанием времени, места и характера работ. Также необходимо получить наряд на производство работ и инструктаж от лица, выдавшего наряд.

Заранее необходимо подготовить вставку контактного провода необходимой длины. Концы вставки тщательно выправить, зачистить наждачной бумагой, торцы обработать напильником, удалить заусенцы. Подобрать и проверить два стыковых зажима (КС-321). Прогнать резьбу на всех болтовых соединениях и нанести на нее смазку. Установить на концах вставки по натяжному зажиму на расстоянии 60 — 70 см от концов, обеспечив надежность крепления зажима и сохранность контактного провода. Подготовленную вставку смотать в бухту диаметром 1,5 — 2 м, привязывая проволокой в 3 — 4 местах каждый последующий виток к предыдущим виткам. Кроме межвитковых креплений закрепить проволокой бухту в трех местах общей вязкой. В конце необходимо подобрать инструмент, монтажные приспособления, защитные средства и сигнальные принадлежности, проверить их исправность и сроки годности, погрузить их, а также бухту с проводом, подобранные детали и материалы на автомотрису и организовать доставку вместе с бригадой к месту работы.

Перед началом работ требуется получить приказ энергодиспетчера с указанием о снятии напряжения в зоне работы и закрытии пути для движения поездов, времени начала и окончания работ («окна»). При работе на станционных путях также требуется согласовать ее выполнение с дежурным по станции, оформив запись в «Журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связи и контактной сети». После закрытия пути перегона или станции, необходимо получить разрешение дежурного по станции на его занятие. На перегон автомотриса отправляется на правах хозяйственного поезда порядком, установленным Инструкцией по движению поездов.

По прибытии на место работы провести текущий инструктаж по технике безопасности. Проводится текущий инструктаж по технике безопасности всем членам бригады с росписью каждого в наряде, четко распределяются обязанности между исполнителями. Каждый член бригады отвечает за соблюдение им инструкции по безопасности для электромонтеров контактной сети и местных инструкций, а также указаний, получаемых при инструктаже. Он должен принимать необходимые меры в случае, если им будет замечено нарушение, допущенное другими членами бригады. В процессе работы каждый

член бригады должен выполнять указания производителя работ или наблюдающего [17].

Далее, в целях безопасности, необходимо заземлить провода и оборудование, с которых снято напряжение, переносными заземляющими штангами с обеих сторон места работы в соответствии с нарядом, подняться на рабочую площадку автотрисы, поднять и закрепить перила ограждения, привести площадку в рабочее положение, осуществить допуск бригады к производству работ.

Работа по установке вставки в контактный провод производится в следующей последовательности:

1. Остановить автотрису у начала вставки. Исполнителю и помощнику поднять на рабочую площадку инструмент, материалы и приспособления. Установить два натяжных зажима на расстоянии 1,2 — 1,5 м друг от друга на рабочий контактный провод и закрепить между ними натяжную муфту и струбцину. Места соединения муфты с зажимами и струбциной закрепить проволоочной вязкой. Контактный провод стянуть натяжной муфтой до ослабления тяжения. Разрезать провод ножовкой по металлу. Конец основного провода обработать наждачным полотном, с торца удалить заусенцы напильником. На рабочую площадку поднять вставку из нового контактного провода. Выполнить стыковку зажимом (см. рисунок Г.4) вставки с контактным проводом.

2. После стыковки одного конца вставки по команде исполнителя автотрису медленно переместить к месту стыковки второго конца вставки, разматывая бухту и подвязывая вставку к контактному проводу через 1,5 — 2 м проволоочной вязкой. В конце раскатки вставку вытянуть вручную и определить место установки натяжного зажима на рабочем проводе. Установить на нем натяжной зажим и соединить его с натяжным зажимом на конце вставки через струбцину натяжным приспособлением, которым при небольшой длине вставки может быть натяжная муфта, при длине вставки в пределах одного мачтового пролета – ручная лебедка, при длине вставки более одного пролета – полиспасть на 20 кН (2000 кгс). Провод стянуть до ослабления тяжения в заменяемом отрезке изношенного провода, передав нагрузку на раскатанную вставку. При наличии в месте вставки фиксатора с помощью полиспаста на 5 кН (500 кгс) или блока БР-300 переставить фиксирующий зажим (деталь 049) с изношенного провода на раскатанную вставку. При перестановке исполнители должны находиться по отношению к контактному проводу с внешней стороны зигзага. Проследить за правильностью установки фиксирующего зажима. При наличии в месте вставки электросоединителя переключить его с изношенного контактного провода на раскатанную вставку, предварительно зачистив контактные поверхности проводов и зажимов наждачным полотном. Запрессовать клин (при наличии) и на выходе из зажима разогнуть его концы.

3. Разрезать в месте стыковки рабочий провод ножовкой по металлу. Обрезанный конец провода обработать наждачным полотном, удалить с торца



заусенцы напильником. Выполнить стыковку зажимом вставки с рабочим проводом тем же порядком, что и в начале вставки.

4. Перевести нагрузку с натяжного устройства на вставку. Наружным осмотром проверить состояние стыковок. Не должно быть следов выскальзывания контактных проводов из зажимов (т.е. зазор между стыкуемыми проводами не должен увеличиваться). Рабочая поверхность контактного провода и вставки должна находиться в плоскости работы полоза токоприемника. Перевести струны с изношенного контактного провода на вставку.

5. Далее следует провести демонтаж изношенного контактного провода. Для этого необходимо снять с одного конца вставки натяжное приспособление, струбцину и натяжные (крюковые) зажимы. Опустить их на рабочую площадку. Демонтируемый отрезок контактного провода сматывать в бухту диаметром не более 1,5 м, медленно передвигая автотриссу по команде руководителя работ в сторону другого конца вставки. При сматывании провода в бухту надежно связывать проволокой витки между собой, снимая проволочные вязки, установленные при раскатке вставки. В конце сматывания установить в двух-трех местах общие на все витки проволочные вязки. Снять у другого конца вставки натяжное устройство, натяжные зажимы и струбцины. Опустить их на рабочую площадку опустить бухту с проводом на рабочую площадку, а затем – на платформу автотриссы.

6. В заключение, необходимо провести регулировку контактного провода на ремонтируемом участке. Для этого установить вертикальные струны на стыковые зажимы. Отрегулировать их так, чтобы при проходе полоза токоприемника с установленной скоростью не создавалась жесткая точка на контактном проводе. При двух контактных проводах стыковые зажимы поднимаются на струне на 30 – 50 мм выше второго контактного провода. Угол наклона стыковых и других зажимов на контактном проводе не должен превышать 20°. При необходимости отрихтовать контактный провод рихтовочными ключами. При наличии местных изгибов провода вставки относительно его продольной оси выправить провод с помощью свинцового молотка и правила.

После завершения работ необходимо собрать материалы, монтажные приспособления, инструмент, защитные средства и погрузить их на автотриссу. Привести рабочую площадку автотриссы в транспортное положение. Вывести людей из зоны работы. Снять заземляющие штанги. При работе с автотриссы 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, связи и контактной сети». Возвратиться на производственную базу ЭЧК.