

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики  
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»  
(наименование)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки/ специальности)

Электроснабжение  
(направленность (профиль) / специализация)

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Реконструкция электрооборудования контактной сети на перегоне Солнцево –  
Васильково

Обучающийся

Е.С. Сиренко  
(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. В.И. Платов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

## Аннотация

Выполнена выпускная квалификационная работа по теме: «Реконструкция электрооборудования контактной сети на перегоне Солнцево – Васильково». Задачей данного проекта является замена в существующей контактной подвеске несущего троса низкой эксплуатационной надежности и трасов средней анкеровки выполненных из проводов марок ПБСМ-95 и ПБСМ-70, а так же замена на данном участке дефектных опор и фундаментов.

Контактная сеть перегона Солнцево – Васильково получает двухстороннее питание от тяговых подстанций ЭЧЭ–51 Беломорск и ЭЧЭ–84 Сумпосад. По результатам расчета была принята контактная подвеска типа М–120+НЛФ–100. В процессе эксплуатации возникают повреждения устройств контактной сети, которые вызывают перерыв в движении поездов или создают препятствие нормальному пропуску электропоездов, требуя уменьшения скорости или пропуска с опущенным токоприемниками. Выполнение повышения надежности устройств контактной сети приведенные в данной работе в первую очередь позволяет систематически снижать повреждаемость контактной подвески. На основе анализа повреждаемости контактной сети в целом разработаны мероприятия, направленные на повышение устойчивости работы контактной сети.

Для выбранного типа контактной подвески выполнен расчет максимальной длины пролетов, указанный для следующих режимов: ветра максимальной интенсивности, гололеда с ветром. По результатам определены максимально допустимые длины пролетов на перегоне Солнцево – Васильково согласно соблюдения вертикальных габаритов. На основании расчетов получены следующие максимально допустимые расстояния длин пролетов:

- для режима максимальной интенсивности ветра – 90,6 м;
- для режима ветра с гололедом – 125,5 м;

– согласно нагрузке контактного провода – 138,4 м и обозначенный на чертеже номер 3.

Существующие расстояния длины пролетов не соответствуют максимально допустимой, согласно ГОСТ – 32679-2014, в таком случае, допустимая длина пролетов до 70 м. На основании расчетов контактной сети разработан новый план контактной сети перегона Солнцево – Васильково и представлен чертеже номер 1. А так же приведен пример расчета грузооборота на данном участке, выполненный на чертеже номер 4. Расчетная схема переходной опоры контактной сети, с учетом изгибающего момента, показана на чертеже номер 2.

Для организации обеспечения безопасности движения поездов и надежной работы контактной сети запланирована замена следующего оборудования:

- дефектных железобетонных стоек опор контактной сети типа С–108.6 на металлические типа МШК 1-10-100;
- дефектных фундаментов опор контактной сети типа ТСА – 4,5-4;
- запрещенного несущего троса марки ПБСМ-95 на провод М–120;
- троса средней анкеровки контактного провода и несущего троса из провода марки ПБСМ–70 на провод марки М-95;
- поперечных электрических соединителей из провода марки типа МГГ–70 на провод марки типа М–95;
- трехблочных грузокомпенсаторов на блочно-полиспастные КБП-3\30.

Выполнен расчет эксплуатационных расходов и экономической эффективности данного проекта и представлен на чертеже номер 6. Расчетная полная сметная стоимость реконструкции электрооборудования контактной сети перегона Солнцево – Васильково составит 18,67 млн.р. Экономический эффект после реконструкции составит примерно 1,65 млн. р.

## Содержание

1 Анализ текущего состояния контактной подвески и обоснование реконструкции.....	6
1.1 Анализ текущего состояния контактной подвески.....	6
1.2 Обоснование реконструкции.....	7
1.3 Особенности производства работ в условиях движения поездов.....	8
2 Анализ сечения контактной подвески.....	9
2.1 Расчет сечения проводов.....	9
3 Выполнение расчёта максимальных длин пролётов.....	12
3.1 Расчет нагрузок на провода.....	13
3.2 Расчет максимально допускаемой длины пролета для принятой контактной подвески.....	20
3.3 Определение максимально длины эквивалентного пролета.....	23
4 Подбор опорных и поддерживающих конструкций.....	25
4.1 Расчет погодных нагрузок на провода контактной подвески во всех расчетных режимах.....	25
4.2 Подбор консольной промежуточной опоры.....	29
4.3 Подбор опорных конструкций.....	42
5 Экономический расчет.....	44
5.1 Общие положения по производству монтажных работ.....	44
5.2 Расчет эксплуатационных расходов.....	63
6 Охрана труда.....	69
Заключение.....	70
Список используемых источников.....	71

## Введение

Железная дорога является одной из главных направлений развития страны, от работы которого зависят все отрасли народного хозяйства, стратегические сферы производства их стабильность и эффективность.

В результате электрификации железнодорожного транспорта растет пропускная способность и оказывает положительное влияние на развитие прилегающих регионов.

Потребность железнодорожного транспорта в электроэнергии реализована с помощью железнодорожных трансформаторных и тяговых подстанций и их присоединению к сетям районной энергосистемы.

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы электрической сети, необходимо учитывать весовые нормы поездов, их скорости и интервалы движения. Также важно учитывать воздействие различных погодных условий, включая ветры и гололедные образования. Проводится расчет для определения необходимых изменений в контактной подвеске. В результате проектирования реконструкции необходимо правильно произвести расчеты, определить оптимальный объем строительных и монтажных работ, установить алгоритм их производства. Сроки выполнения проекта, затраты на производство строительства работ должны быть учтены сметой выбранной строительной-монтажной организацией.

Целью данной выпускной квалификационной работы является проектирование организации и производства строительных-монтажных работ по реконструкции электрооборудования контактной сети перегона Солнцево – Васильково участка Беломорск – Маленга. А так же повышения надежности устройств контактной сети на данном участке и увеличения срока эксплуатации несущего троса и поддерживающих конструкций.

# **1 Анализ текущего состояния контактной подвески и обоснование реконструкции**

## **1.1 Анализ текущего состояния контактной подвески**

Перегон Солнцево – Васильково, однопутный участок, расположен по равнинной местности, с преобладанием хвойного леса, с высотой деревьев до 10 м и более.

Перегон Солнцево – Васильково электрифицирован в 1995 году, на переменном токе напряжением 27,5 кВ, является объектом Октябрьской Дирекции по энергообеспечению. Кемская дистанция электроснабжения осуществляет текущее содержание и ремонт устройств электроснабжения. Питание контактной сети перегона Солнцево – Васильково осуществляется от тяговых подстанций переменного тока, расположенных на станциях Беломорск ЭЧЭ-51 и Сумпосад ЭЧЭ-84.

Параметры контактной подвески перегона Солнцево – Васильково:

- эксплуатационная длина контактной сети 13,040 км;
- развернутая длина участка 15,280 км;
- проектируемая конструктивная высота подвески 1800 мм;
- проектная высота подвешивания контактного провода от УГР 6500 мм;
- величина зигзага контактного провода на прямом участке пути достигает не более 300 мм на кривых участках пути величину зигзага устанавливают в зависимости от радиуса кривой и длины пролета, но не более 400 мм.

На перегоне Солнцево – Васильково применяется рессорная компенсированная подвеска ПБСМ-95+НЛОл-0,04ф-100. Все изолирующие сопряжения анкерных участков выполнены трехпролетными. Длины анкерных участков определены из условия, что уменьшение натяжения от номинального не превышает  $\pm 15$  процентов для

контактного провода и  $\pm 10$  процентов для несущего троса. Максимальные длины анкерных участков на прямых участках пути приняты до 1600 м.

На перегоне установлены железобетонные стойки опор типа СКЦ 6-10,8; СКЦ 8-10,8; СКЦ 8-13,6; стойки опор установлены на фундаменты типа ЗФ-1; ТС 80-4,5; ТСП-1; ТСП-2; ПБФ-1с; установлены анкеры типа ТА-4,0; ПБ-1у и ПБ-2у; используются неизолированные наклонные однопутные консоли НР-I-5, НР-III-5, НС-I-5, НС-II-5, НС-II-5п; установлены фиксаторы типа ФА-25-II, ФА-25-III, ФО-25-II, ФО-25-V, ФП-25-I, ФП-25-II, ФП-25-IV, ФГ-25.

## **1.2 Обоснование реконструкции**

На перегоне Солнцево – Васильково установлено 228 опор контактной сети, из них, по состоянию на 31.12.2023 года 21 стойка опор имеет дефект 5Ц: опоры номера: 3, 9, 10, 11, 12, 18, 22, 28, 29, 42, 45, 51, 52, 56, 61, 68, 70, 73, 74, 76, 79; 6 фундаментов опор имеет дефект 7Ф: опоры номера: 29, 42, 54, 71, 199, 207.

В настоящее время запрещено применение проводов марки ПБСМ-95 в качестве несущего троса. Материал несущего троса должен обладать большой механической прочностью, низким коэффициентом температурного линейного удлинения проводов и его месторасположением. Таким образом, целесообразно использовать на данном реконструированном объекте медный несущий трос марки М-120.

Для увеличения надежности и срока эксплуатации контактной сети данного перегона необходимо провести её реконструкцию, а именно осуществить замену следующего электрооборудования и поддерживающих конструкций:

- дефектных железобетонных стоек опор контактной сети на металлические;

- дефектных фундаментов опор контактной сети;
- несущего троса из провода марки ПБСМ-95 на провод марки М-120; троса средней анкеровки несущего троса из провода марки ПБСМ-70 на провод марки М-95;
- троса средней анкеровки контактного провода из провода марки ПБСМ-70 на провод марки М-95.

### **1.3 Технологическое производство работ в условиях движения поездов**

При выполнении монтажных работ соблюдать: «Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации»

«Инструкцию по сигнализации на железных дорогах РФ», «Инструкцию по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах РФ», технические условия и требования, «Инструкцию по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ».

Место производства работ ограждается в соответствии с «Правилами технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации».



## **2 Анализ сечения проводов**

### **2.1 Расчет сечения проводов**

Сечение контактной подвески должно удовлетворять требованиям по минимальному уровню напряжения на токоприемнике и по максимально допустимой температуре нагрева всех проводов.

Участок Беломорск – Сумпосад, на котором располагается перегон Солнцево – Васильково, однопутный, электрифицированный по системе переменного тока 27,5 кВ. Участок оборудован автоматической блокировкой и электрической централизацией стрелок и сигналов. Нечетное направление: Солнцево – Васильково.

Протяженность участка работ по заданию составляет 13,040 км. Количество главных путей – один. Участок ремонта электрифицирован. На участке обращаются пассажирские, пригородные и грузовые поезда с локомотивами ЭП-1, ЭП-20, ЭД-9, ВЛ-80С, 2ЭС5К. Электрифицированный Участок Беломорск – Маленга на переменном токе напряжением 27,5кВ. Участок располагается в пределах межподстанционной зоны, ограниченной тяговыми подстанциями Беломорск и Сумпосад. Контактная подвеска участка Беломорск – Маленга компенсированная, с одиночным контактным проводом и простыми звеньевыми струнами из проволоки 4,00 БСМ–1. Опорные узлы цепной подвески выполнены с рессорным тросом. Контактная подвеска на участке ремонта эксплуатируется с усиливающим проводом – А185. Ближайшие к станциям анкерные участки – комбинированные, со стороны станций полукомпенсированная анкереровка, со стороны перегонов – компенсированная. Сечение контактной подвески на участке по главным путям – ПБСМ-95+НЛО-100. Опорные конструкции на участке представлены отдельными опорами, состоящими из конических опор из центрифугированного железобетона типа СС, установленными в стаканые железобетонные фундаменты. На участке контактной сети встречается как

индивидуальное на тяговый рельс через искровой промежуток, так и групповое с использованием троса группового заземления. Для защиты узлов анкеровок от атмосферных перенапряжений в соответствии с пунктом 6.5.11 СП 224.1326000.2014 «Тяговое электроснабжение железной дороги» на изолирующих сопряжениях, а так же в местах подключения питающих линий к контактной сети предусматривается устанавливать ограничители перенапряжений типа ОПН-П-27,5 УХЛ1. Установка ОПН должна уточняться по месту и производиться заземление к рельсу не ближе 100 метров от фактически установленной аппаратуры рельсовых цепей и не далее двух пролетов от изоляторов в анкеровке проводов контактной подвески ТУ №К-07/12, а при невозможности выполнения данного условия - не далее четырех пролетов. Заземление опор контактной сети предусматривается выполнять индивидуальным на тяговый рельс ближайшего электрифицированного пути стальным прутком диаметром 10 мм с антикоррозионным покрытием методом горячего цинкования, через газоразрядный прибор защиты ГРПЗ-1У согласно ТУ ЦЭ ОАО "РЖД" №К-02/10 от 27.02.2010г.

Крепление заземляющих проводников к рельсу осуществляется с применением УКЗУ.

Прокладка проводников заземления до места подключения предусматривается в полимерных изоляционных оболочках.

Состояние опорных конструкций удовлетворительное. Имеются дефектные опоры и фундаменты в количестве 27 штук, предусмотрена их замена. Среди поддерживающих конструкций на перегоне преобладают неизолированные наклонные трубчатые консоли. Крепление к опорам выполнено при помощи закладных. Контактная подвеска на станциях смонтирована на жестких поперечинах балочного типа, армированными треугольными подвесами и фиксирующими тросами состояние поддерживающих конструкций удовлетворительное. Фиксирующие

конструкции представлены сочленёнными фиксаторами на наклонной части консолей.

По результатам расчета была принята контактная подвеска типа М-120+НЛФ-100. Выбранный тип контактной подвески отвечает всем требованиям по длительно допустимому току, который равен 1230 А при том, что максимальное значение длительного тока на перегоне достигает 477 А в питающем фидере и отсасывающей линии на подстанции ЭЧЭ-84 Сумпосад. Минимальное напряжение на участке составляет 23,2 кВ, что удовлетворяет требованиям ПТЭ согласно минимального напряжения в контактной сети переменного тока 21 кВ. При расчете найдена максимальная температура провода в длительном режиме 43 градусов по Цельсию, что удовлетворяет требованиям предельно допустимому значению для медных проводов 80 градусов по Цельсию.

### 3 Выполнение расчёта максимальных длин пролётов

Метеорологические исходные данные для реконструкции приведены в таблице 1

Таблица 1 - Климатическая характеристика района работ по данным метеостанции.

Наименование показателя											Величина показателя
Средняя годовая температура воздуха, ° С											1,3
Средняя месячная температура воздуха, ° С											
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-10,9	-10,5	-5,5	-0,7	4,9	10,9	14,3	12,9	8,5	2,5	-3,2	-7,6
Параметры холодного периода года											
Температура воздуха, ° С, обеспеченностью 0,94											-14
Абсолютная минимальная температура воздуха, ° С											-40
Средняя месячная относительная влажность воздуха холодного месяца, %											81
Количество осадков за ноябрь - март, мм											119
Преобладающее направление ветра за декабрь - февраль											В
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с											-
Параметры тёплого периода года											
Температура воздуха, ° С, обеспеченностью 0,95											17
Температура воздуха, ° С, обеспеченностью 0,99											21
Абсолютная максимальная температура воздуха, ° С											33
Средняя месячная относительная влажность воздуха теплого месяца, %											78
Количество осадков за апрель - октябрь, мм											334
Преобладающее направление ветра за июнь - август											3
Минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, м/с											5,1
Глубина промерзания грунтов, м					Крупнообломочных						2,11
					Суглинков						1,43
					Песков пылеватые						1,74
					Песков средней крупности						1,86

### 3.1 Расчет нагрузок на провода

Для расчета по определению максимально допустимых длин пролетов контактной подвески.

Соответствующие требования эксплуатации контактной сети и линий электропередач, с учетом на них нагрузок. Для расчета нагрузки на поддерживающие конструкции и определения значений метеорологических факторов можно применять различные методики, но наиболее эффективный является динамический расчет, с учетом всех динамических процессов.

Вычислим скорость ветра в режиме максимальной интенсивности:

$$v_{\max} = v_o \cdot k_v, \quad (1)$$

где,  $v_o$  - нормативное значение скорости ветра, повторяемость 1 раз в

10 лет на высоте 10 метров над уровнем земли,  $v_o = 23,6$  м/с;

$k_v$  - коэффициент ветрового давления.

Рассчитаем Скорость ветра  $v_z$  в режиме максимальной интенсивности гололёда с ветром, м/с.:

$$v_z = v_o \cdot k_v, \quad (2)$$

где,  $v_o = 13$  м/с.

За основу возьмем значение для режимов ветра максимальной интенсивности и гололёда с ветром,

$$k_v = 0,238 \ln \frac{z}{z_0}, \quad (3)$$

где  $z$  – высота проводов над поверхностью земли, м;

$z_0$  – параметр шероховатости поверхности, м, определяемый по таблице номер 2.2 СТН 12-00 ЦЭ.

Параметр шероховатости равный 1 метру на высоту расположения проводов контактной сети на местности с параметром в результате уменьшается на высоту препятствия, таким образом, становится равной 10 метрам. Значение параметра шероховатости поверхности становится равным 0,2 метрам.

Если  $z=10$  м,  $z_0=0,2$  м,

то

$$k_v=0,238 \cdot \ln \frac{10}{0,2}=0,931,$$

$$v_{\Gamma}=13 \cdot 0,931=12,1 \text{ м/с},$$

$$v_{\max}=23,6 \cdot 0,931=22 \text{ м/с}.$$

Расчет максимальной толщины стенки гололеда несущего троса,

$$b_{\max}=b^H \cdot k_{\Gamma} \cdot k, \quad (4)$$

где  $b^H$  – толщина стенки гололеда, равен  $b^H=10$  мм;

$k_b$  – коэффициент, гололедообразования на проводах, равен  $k_b=0,8$ ;

$k$  – коэффициент для несущего троса, равен  $k=0,8$ .

$$b_{\max}=10 \cdot 0,8 \cdot 0,8=6,4 \text{ мм}.$$

Для определения нагрузки гололеда на контактные провода толщину стенки гололеда принимать равной 50 процентам от толщины стенки:

$$b_{\max}=0,5 \cdot 2b^H \cdot k_{\Gamma},$$

где,  $b^H$  – толщина стенки гололеда равна  $b^H=10$  мм;

$k_b$ —коэффициент нагрузки гололеда на проводах, равен  $k_b=0,8$ ;

$$b_{\max}=0,5 \cdot 10 \cdot 0,8=4 \text{ мм.}$$

Максимальная температура с учетом солнечной радиации  $t_{\max}$ :

$$t_{\max}=33+10=43 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Техническая характеристика проводов приведена в таблице 2, значение натяжения проводов, с учетом максимально допустимых в разных режимах представлены в таблице 3.

Таблица 2 –Техническая характеристика проводов

Параметры провода	М-120	НЛОЛ-0,04ф-100	АС-50/8,0
Сечение провода $S, \text{мм}^2$	117	98,88	48,2/8,04
Диаметр провода $d_i, \text{мм}$	14,0	–	9,6
Высота сечения провода $H_k, \text{мм}$		11,8	–
Ширина сечения провода, мм	–	12,81	–
Средний диаметр провода $d_{\text{ср}}, \text{мм}$	–	12,31	–

Таблица 3 – Параметры натяжения проводов в разных режимах

Наименование натяжений, режимы и провода		Расчеты для определения	Значения
Установленное натяжение несущего троса, Т	М-120	$T_n$	18000
Установленное натяжение контактного провода, К	НЛОЛ-0,04 Мф-100	–	10000

Продолжение таблицы 3

Наименование натяжений, режимы и провода		Расчеты для определения	Значения
Натяжение несущего троса в режиме беспровесного положения контактного провода, $T_0$	М-120	$T_0 = T_H$	18000
Натяжение несущего троса в режиме максимальной интенсивности ветра, $T_B$	М-120	$T_B = T_H$	18000
Натяжение несущего троса в режиме гололеда с ветром, $T_T$	М-120	$T_T = T_H$	18000

Таблица 4 – Расчет нормативных нагрузок на провода в режиме ветра

Перечень нагрузок	Расчет нагрузок	Значения перечисленных нагрузок, Н/м
Собственный вес провода, $g_H$	По справочным данным	М-120, $g_H = 10,37$ НЛОЛ-0,04ф-100, $g_K = 8,73$
Нагрузка на несущий трос от веса всех проводов контактной подвески, $g_n$	$g_n = g_H + g_K \cdot n_K + 0,1 \cdot n_K$	М-120+ НЛОЛ-0,04ф-100, $g_n = 10,37 + 8,73 \cdot 1 + 0,11 = 20,1$
Нагрузка ветра на несущий трос подвески, $p_{HВ}$	$p_{HВ} = \alpha_H \cdot C_x \cdot k_v^2 \cdot q_o \cdot d \cdot 10^{-3}$	М-120, $p_{HВ} = 1 \cdot 1,25 \cdot 0,931 \cdot 342 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 5,21$
Воздействие ветра на контактный провод, $p_{KB}$	$p_{KB} = \alpha_H \cdot C_x \cdot k_v^2 \cdot q_o \cdot H_K \cdot 10^{-3}$	НЛОЛ-0,04ф-100, $p_{KB} = 1 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 342 \cdot 11,8 \cdot 10^{-3} = 4,39$
Учтенная нагрузка на НТ контактной подвески, $g_{HВ}$	$q_{HВ} = \sqrt{g_n^2 + p_{HВ}^2}$	М-120, $q_{HВ} = \sqrt{20,1^2 + 5,21^2} = 20,76$



Таблица 5 – Расчет режима нагрузки на контактную подвеску с учетом гололеда с ветром

Перечень нагрузок	Расчет нагрузок	Значения перечисленных нагрузок, Н/м
Нагрузка на несущий трос от гололеда, $g_{ГН}$	$g_{ГН}=2,77 \cdot b_{\max}(d_1+b_{\max}) \cdot 10^{-3}$	М-120, $g_{ГН}=2,77 \cdot 6,4 \cdot (14+6,4) \cdot 10^{-2}=3,62$
Вес гололеда на одном контактном проводе, $g_{ГК}$	$g_{ГК}=2,77 \cdot b_{\max} \cdot (d_{cp} + b_{\max}) \cdot 10^{-3}$	НЛОЛ-0,04ф-100, $g_{ГК}=2,77 \cdot 4 \cdot (12,31+4) \cdot 10^{-2}=1,81$
Нагрузка троса с учетом гололеда, $g_{КГ}$	$g_{КГ}=g_{ГН}+g_{ГК}$	НЛОЛ-0,04ф-100, $g_{КГ}=3,62+1,81=5,43$
Суммарная нагрузка на трос с учетом гололеда, $g_{ПГ}$	$g_{ПГ}=g_{П}+g_{ГН}+g_{ГК} \cdot n_{К}$	М-120+ НЛОЛ-0,04ф-100, $g_{ПГ}=20,1+3,62+1,81 \cdot 1=25,53$
Вес несущего троса с учетом воздействия на него ветра и гололеда, $p_{НГ}$	$p_{НГ}=\alpha_{Н} \cdot C_{Х} \cdot k_{v}^2 \cdot q_{ог} \cdot (d + 2 \cdot b_{Г}) \cdot 10^{-3}$	М-120, $p_{НГ}=1 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 100 \cdot (14 + 2 \cdot 6,4) \cdot 10^{-3}=3,02$
Вес контактного провода с учетом ветра и гололеда, $p_{КГ}$	$p_{КГ}=\alpha_{Н} \cdot C_{Х} \cdot k_{v}^2 \cdot q_{ог} \cdot (H_{К} + b_{Г}) \cdot 10^{-3}$	НЛОЛ-0,04ф-100, $p_{КГ}=1 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 100 \cdot (11,8 + 6,4) \cdot 10^{-3}=2,05$
Суммарная нагрузка на контактную подвеску, $q_{НГ}$	$q_{НГ}=\sqrt{g_{ПГ}^2 + p_{НГ}^2}$	М-120, $q_{НГ}=\sqrt{25,53^2 + 3,02^2} = 25,71$

В режимах гололеда с ветром производится расчет допустимой длины пролета на прямой:

$$l_{\max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{K}{p_k \cdot k_1 - p_3} \cdot \left[ (b_{к.дон} - \gamma_k + \sqrt{(b_{к.дон} - \gamma_k)^2 - a^2}) \right]}, \quad (5)$$

где, K- коэффициент ветровой нагрузки на контактный провод, Н/м;

$k_1$  - коэффициент динамический, с учетом воздействия ветровой нагрузки на провода;  
 $p$  - коэффициент эквивалентной нагрузки, оказывающий влияние НТ на отклонение КП, Н/м;  
 $b_{к.доп}$  - коэффициент максимально допускаемого отклонения контактного провода на прямой, м;  
 $\gamma$  - коэффициент прогиба опоры под действием ветровой нагрузки, м;  
 $a$  - коэффициент абсолютного значения зигзага контактного провода, м.

$$k_1 = k_2 + 2 \cdot v_n \cdot m_n \cdot \xi, \quad (6)$$

где,  $k_1$  - величина для упругих деформаций провода при его отклонении;

$v_n, m_n$  - показатели характеризующие пульсации ветра;

$k_2$  - показатель динамики.

$$p_э = \frac{p_k \cdot T - p_n \cdot K - \frac{8 \cdot K \cdot T}{l_{\max}^2} \cdot \left( \frac{h_u \cdot p_n}{q_n} + \gamma_n - \gamma_k \right)}{T + K + \frac{10,6 \cdot e_{cp} \cdot K \cdot T}{g_k \cdot n_k \cdot l_{\max}^2}}, \quad (7)$$

где,  $T$  – показатель для натяжения несущего троса, Н;

$p_n$  - коэффициент ветровой нагрузки на НТ,  $p_{нв} = 5,21$  Н/м;

$p_{н2} = 3,02$  Н/м;

$h_u$  - высота гирлянды подвесных изоляторов ПС-70,

Длина серьги для крепления к консоли и седла для несущего троса составляет 0,16 метра

$$h_u = 0,16 + n_{из} \cdot H_u = 0,16 + 4 \cdot 0,13 = 0,68 \text{ м},$$

где,  $n_{из}$  - номинальное количество изоляторов в ПС-70;

$H_u$  - конструктивная величина ПС-70, м;

$q_{из} q_n$  - коэффициент нагрузки на НТ, Н/м;

$\gamma_k$  - величина прогиба опоры контактной сети, м;

$e_{cp}$  - величина струн в пролёте, м;

$g$  - показатель нагрузки от веса одного КП, Н/м;

$n_k$  - коэффициент количества контактного провода.

$$e_{cp} = h_0 - 0,115 \cdot \frac{g_n \cdot l_{max}^2}{T_0}, \quad (8)$$

где,  $h_0$  - коэффициент определяющий высоту контактного провода, м;

$g_n$  - коэффициент, с учетом суммарной нагрузки от веса всех проводов на НТ, Н/м.

Значения коэффициентов  $\nu_{п}$ ,  $m_{п}$ ,  $\xi_{п}$  приводятся во второй главе СТН ЦЭ141-99, а коэффициентов  $a_d$ ,  $c_d$ ,  $e_d$  в приложении 1 того же документа.

Таблица 6 – Значения коэффициентов  $\nu_{п}$  и  $a_d$  в функции длины пролета

Длина пролета, м	30	40	50	60	70	80
$\nu_{п}$	0,76	0,73	0,70	0,66	0,58	0,51
$a_d$	0,72	0,70	0,68	0,66	0,64	0,62

Таблица 7 – Значения коэффициентов  $m_{\Pi}$  и  $c_{д}$  в функции скорости ветра

$V_{ок},$ $V_{оз} k_{в}, м/с$	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$m_{\Pi}$	0,060	0,080	0,100	0,115	0,130	0,145	0,160	0,170	0,175
$c_{д}$	1,50	1,48	1,45	1,40	1,35	1,28	1,22	1,16	1,10

Таблица 8 – Значения коэффициентов  $\xi_{\Pi}$  и  $e_{д}$  в функции веса контактного провода, для режима гололёда – с учетом веса гололёдной корки на проводе

$g_{к}+g_{ГК},$ $(g_{к}+g_{ГК}) \cdot n_{к},$ Н	2	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35
$\xi_{\Pi}$	1,15	1,30	1,36	1,38	1,46	1,50	1,52	1,55	1,56	1,58	1,60	1,61
$e_{д}$	0,91	0,97	0,99	1,03	1,05	1,06	1,08	1,09	1,10	1,13	1,15	1,17

Для определения коэффициентов, соответствующих промежуточным значениям, следует применять метод линейной интерполяции.

### 3.2 Расчет максимальных длин пролетов для принятой контактной подвески М-120+НЛФ-100.

В режиме максимальной интенсивности ветра:

$$K=10000 \text{ Н}; T_{г}=18000 \text{ Н}; p_{кв}=4,39 \text{ Н/м}; b_{к.дон}=0,5 \text{ м}; \gamma_{к}=0,010 \text{ м}; \gamma_{н} \\ =0,015 \text{ м}; a=0,3 \text{ м}.$$

При  $k_1=1$  и  $p_{эв}=0$

$$l_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{10000}{4,39 \cdot 1 - 0} \left[ (0,5 - 0,010) + \sqrt{(0,5 - 0,010)^2 - 0,3^2} \right]} = 89,4 \text{ м}.$$

Находим значения коэффициентов для полученного значения длины пролета методом линейной интерполяции:

$$a_d = 0,60; c_d = 1,43; e_d = 1,01; v_n = 0,43; m_n = 0,106; \xi_n = 1,37.$$

$$k_1 = 0,60 \cdot 1,43 \cdot 1,01 + 2 \cdot 0,43 \cdot 0,106 \cdot 1,37 = 0,991;$$

$$e_{cp} = 1,8 - 0,115 \frac{20,1 \cdot 70^2}{18000} = 1,17;$$

$$p_3 = \frac{4,39 \cdot 18000 - 5,21 \cdot 10000 - \frac{8 \cdot 10000 \cdot 18000}{70^2} \cdot \left( \frac{0,68 \cdot 5,21}{20,76} + 0,015 - 0,010 \right)}{18000 + 10000 + \frac{10,6 \cdot 1,17 \cdot 10000 \cdot 18000}{8,73 \cdot 70^2}} =$$

$$= -0,31 \text{ Н/м}$$

Рассчитаем значение длины пролета с учетом спроектированных коэффициентов:

$$l'_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{10000}{4,39 \cdot 0,991 + 0,31} \left[ (0,5 - 0,010) + \sqrt{(0,5 - 0,010)^2 - 0,3^2} \right]} =$$

$$= 92,6 \text{ м}$$

Сравним полученные значения:

$$\left| \frac{l_{max} - l'_{max}}{l_{max}} \right| \cdot 100 = \left| \frac{89,4 - 92,6}{89,4} \right| \cdot 100 = 3,6 \%$$

Расчет завершился из-за обнаруженной ничтожной разницы в значениях пролетов контактной подвески, которая не превышала 5%, поэтому максимальная длина пролетов составляет  $l_{max} = 92,6 \text{ м}$ .

Расчет максимальных длин пролетов для контактной подвески М-120+НЛФ-100.

В режиме гололеда с ветром:

$$K=10000 \text{ Н}; T_2=18000 \text{ Н}; p_{к2}=2,05 \text{ Н/м}; b_{к.дон}=0,5 \text{ м}; \gamma_k=0,010 \text{ м}; \gamma_H=0,015 \text{ м}; a=0,3 \text{ м}.$$

При  $k_1=1$  и  $p_{э6}=0$

$$l_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{10000}{2,05 \cdot 1 - 0} \left[ (0,5 - 0,010) + \sqrt{(0,5 - 0,010)^2 - 0,3^2} \right]} = 130,8 \text{ м}.$$

Находим значения коэффициентов для полученного значения длины пролета методом линейной интерполяции:

$$a_d = 0,54; c_d = 1,50; e_d = 1,055; v_{\Pi} = 0,33; m_{\Pi} = 0,07; \xi_{\Pi} = 1,40.$$

$$k_1 = 0,54 \cdot 1,50 \cdot 1,04 + 2 \cdot 0,33 \cdot 0,07 \cdot 1,40 = 0,91;$$

$$e_{cp} = 1,8 - 0,115 \frac{25,53 \cdot 70^2}{18000} = 1,00 \text{ м};$$

$$p_э = \frac{2,05 \cdot 18000 - 3,02 \cdot 10000 - \frac{8 \cdot 10000 \cdot 18000}{70^2} \cdot \left( \frac{0,68 \cdot 3,02}{25,71} + 0,015 - 0,010 \right)}{18000 + 10000 + \frac{10,6 \cdot 1,00 \cdot 10000 \cdot 18000}{10,54 \cdot 70^2}} = -0,281 \text{ Н/м}$$

Рассчитаем значение длины пролета контактной подвески с учетом выше предоставленных коэффициентов:

$$l'_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{10000}{2,05 \cdot 0,91 + 0,281} \left[ (0,5 - 0,010) + \sqrt{(0,5 - 0,010)^2 - 0,3^2} \right]} = 136,5 \text{ м}.$$

Сравним полученные значения:

$$\left| \frac{l_{max} - l'_{max}}{l_{max}} \right| \cdot 100 = \left| \frac{130,8 - 136,5}{130,8} \right| \cdot 100 = 4,4\%$$

Расчет завершен с учетом того, что различие в значениях длин пролетов контактной подвески не превышает 5%. Принимаем результат:  $l_{\max} = 136,5$  м.

По результатам расчета для подвески М-120+НЛОл-0,04ф-100наименьшая длина пролета получена в режиме ветра максимальной интенсивности. Окончательно принимаем  $l_{\max} = 90,6$  м.

### 3.3 Определение максимальной длины эквивалентного пролета

Согласно требованиям конструктивной высоты контактного провода от уровня головки рельса контактной подвески высота контактной подвески допускается не более 6800 мм и не менее 5750 мм.

В результате этого максимально допустимый коэффициент ( $\Delta h_{\text{доп}}$ ) перемещения контактного провода по вертикали равен 1,05 м.

Расчет максимальной длины пролета на компенсированной подвеске с учетом соблюдения вертикальных габаритов произведен по формуле (9)

$$l_{\max.} = 2\sqrt{2T\Delta h'_{\text{ду}} / g_z}, \quad (9)$$

где, Т– натяжение несущего троса, Н;

$h_{\text{ди}}$  - изменение высоты положения КП, для одного контактного провода  $\Delta h'_{\text{ду}}=0,85$  м.;

$g_z$ - распределенная линейная нагрузка от веса гололеда на контактной подвеске, Н/м.

Определим максимально допустимые длины пролетов для контактной подвески М-120+ НЛОл-0,04ф-100 в разных режимах:

- с учетом режима интенсивного ветра - 90,6 м;
- с учетом режима гололеда с ветром - 136,5 м;
- при соблюдении вертикальных габаритов контактных проводов - 138,4 м;
- при условии обеспечения надежного токосъема – 70 м;

$$g_{nz} = g_{zn} + g_{zk}, \quad (10)$$

$$g_{nz} = 3,62 + 1,81 = 5,43 \text{ Н/м.}$$

Рассчитана длина пролета для контактной подвески марки М-120+НЛОл-0,04ф-100.

$$l_{\max.} = 2\sqrt{2 \cdot 15300 \cdot 0,85 / 5,43} = 138,4 \text{ м.}$$

На основании вертикальных габаритов контактных проводов максимальная длина пролета составит 138.4 м



## **4 Подбор опорных и поддерживающих конструкций**

### **4.1 Расчет погодных нагрузок на провода во всех расчетных режимах**

Работы по установке фундаментов, анкеров и опор должны производиться с соблюдением правил СТН ЦЭ 12-00.

Технология работ по разработке скважины, а также при установке фундаментов, анкеров и опор предусматривает одновременное выполнение сопутствующих монтажных работ по временному демонтажу и отводу проводов существующей контактной подвески и дополнительных проводов с целью обеспечения работы строительных машин и механизмов, а также для сохранности самих проводов.

После завершения работы строительной техники в это же «окно» провода монтируются на старое место. При невозможности монтажа провода на существующую точку крепления из-за отсутствия, предусмотренного нормами минимального расстояния между проводом и вновь установленной опорой или ригелем, осуществляется временное крепление провода на новой опоре или ригеле с помощью временных дополнительных поддерживающих конструкций, которые при этом сразу необходимо заземлить.

Аналогичные монтажные работы по временному отводу проводов с их последующим восстановлением в эти же «окна» выполняются при работе строительных машин по демонтажу опор.

Демонтаж существующих опор, фундаментов и анкеров намечен с предварительной откопкой при помощи аппаратов УДО, УДФ с последующей засыпкой вырытых котлованов вынутым грунтом. Полости от вынутых из земли конструкций засыпают привозным грунтом.

Все демонтированные железобетонные опоры, фундаменты и анкера железнодорожным транспортом переправляются в место для утилизации.

Бригадами электромонтеров-линейщиков установленные опоры контактной сети армируются всеми необходимыми конструкциями для последующей раскатки проводов контактной подвески.

Установленные консоли должны быть повернуты вдоль пути и зафиксированы в таком положении с целью предотвращения их от разворота и касания существующей контактной подвески. Все смонтированные на новых опорах консоли и другие металлоконструкции в это же «окно» должны быть заземлены на тяговый рельс.

Технология работ по электрификации железнодорожных путей предусматривает сначала раскатку несущего троса с жесткой его анкерровкой. Раскатка производится по монтажным роликам, установленным на консолях. Натяжение необходимо производить в соответствии с монтажными таблицами. После необходимой вытяжки несущего троса производится постепенный перевод несущего троса из монтажных роликов в «седла» с закреплением.

В процессе работы по переводу несущего троса в «седла» на несущий трос устанавливаются временные струны с возможностью закрепления на них монтажных крюков для последующей раскатки контактных проводов.

Для подбора опор составлена расчетная схема, на которой указываются все нагрузки, действующие на опору и конструкции, установленные на этой опоре. Также на расчетной схеме указаны плечи моментов нагрузок относительно точек расчета. В качестве вертикальных сил, действующих на опору, выступают распределенные нагрузки: от веса проводов и сосредоточенные нагрузки от веса изоляторов, кронштейнов и консолей.

В качестве горизонтальных сил действуют распределённые ветровые нагрузки на провода, а также нагрузки от излома проводов в кривой и при отводах на анкерровку. Плечи вертикальных сил обозначены буквами  $z$ . Они отсчитываются от оси опоры, до вертикальных осей проведенных через

точки подвеса проводов к кронштейнам, центры масс кронштейнов и консолей. Плечи горизонтальных сил обозначаются буквами  $h$ . Они откладываются от точек крепления проводов до уровня условного обреза фундамента или до уровня пяты консоли.

В качестве расчетных режимов рассматривают режим ветра максимальной интенсивности и режим гололёда с ветром. В каждом режиме выполнен расчет при направлении ветра в сторону пути и в обратную сторону.

С учетом того, что маркировка типовых опор выполняется по нормативным изгибающим моментам, то расчет этих моментов, согласно которым производится подбор опор, выполняется по нормативным нагрузкам, то есть без учета коэффициентов надежности по нагрузке.

Выражение для расчета изгибающего момента выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}
 M_o = & G_{\Pi} \cdot z_{\Pi} + G_{\text{кн}} \cdot z_{\text{кн}} + G_{\text{уп}} \cdot z_{\text{уп}} + G_{\text{куп}} \cdot z_{\text{куп}} - 3 \cdot G_{\text{вл}} \cdot z_{\text{вл}2} - G_{\text{квл}} \cdot z_{\text{квл}} - \\
 & - G_{\text{волс}} \cdot z_{\text{волс}} - G_{\text{кволс}} \cdot z_{\text{кволс}} - G_{\text{мв}} \cdot z_{\text{мв}} - G_{\text{кмв}} \cdot z_{\text{кмв}} + (\pm P_{\text{к}} \pm P_{\text{изк}}) \cdot h_{\text{к}} + \\
 & + (\pm P_{\text{н}} \pm P_{\text{изт}}) \cdot h_{\text{н}} + (\pm P_{\text{уп}} \pm P_{\text{изу}}) \cdot h_{\text{уп}} + 3 \cdot (\pm P_{\text{вл}} \pm P_{\text{извл}}) \cdot h_{\text{вл}} + \\
 & + (\pm P_{\text{волс}} \pm P_{\text{извс}}) \cdot h_{\text{волс}} + (\pm P_{\text{мв}} \pm P_{\text{измв}}) \cdot h_{\text{мв}} \pm 0,5 \cdot P_{\text{оп}} \cdot h_{\text{оп}}
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

где,  $G_{\text{кн}}$ ,  $G_{\text{вл}}$ ,  $G_{\text{волс}}$ ,  $G_{\text{мв}}$ ,  $G_{\text{уп}}$  – распределенная нагрузка на контактную подвеску, с учетом усиливающего провода, воздушной линии электропередач, волоконно-оптической линии (ВОЛС), волновода, Н.

$z_{\text{кн}}$ ,  $z_{\text{вл}}$ ,  $z_{\text{волс}}$ ,  $z_{\text{мв}}$ ,  $z_{\text{уп}}$  – коэффициент натяжения, с учетом веса консолей и кронштейнов усиливающего провода, воздушной линии, ВОЛС, волновода, Н.

$h$  – плечи действия вертикальных сил, м;

$P_K, P_H, P_{уп}, P_{вл}, P_{волс}, P_{мв}$  – ветровая нагрузка на трос, провода воздушных линий электропередач, усиливающий провод, ВОЛС, волновод, Н;

$P_{изк}, P_{изн}, P_{изу}, P_{извл}, P_{извс}, P_{измв}$  – коэффициент нагрузки с учетом излома троса, воздушных линий, усиливающих проводов, проводов ВОЛС, волновода, Н;

$P$  – коэффициент ветровой нагрузки на опору, Н;

$z$  - плечи действия горизонтальных нагрузок, м

$h$  - высота опоры, м.

Нагрузка оказывающая влияние на вес проводов рассчитывается по следующей формуле:

$$G_i = g_i \cdot \frac{l_n + l_p}{2} + G_{изи}, \quad (12)$$

где,  $g_i$ - нормативная нагрузка, с учетом распределения веса троса, проводов воздушной линии электропередач, ВОЛС, волновода, Н/м;

$l_n, l_p$ - длины пролета слева и справа от опоры, м;

$G_{изи}$ - номинальная нагрузка с учетом веса изоляторов, Н.

Ветровая нагрузка на провода определяется по формуле:

$$P_i = p_i \cdot \frac{l_n + l_p}{2}, \quad (13)$$

где,  $p_i$ - распределенная ветровая нагрузка на трос, усиливающий провод, провода воздушных линий, ВОЛС, волновода, Н/м;

Знак  $\pm$  перед величиной нагрузки показывает, что расчёт выполнялся согласно двум направлениям ветра: от опоры на путь (+) и от пути на опору (-).

Ветровая нагрузка на опору, Н:

$$P_{\text{оп}} = C_x \cdot k_v \cdot q_o \cdot S_{\text{оп}}, \quad (14)$$

где,  $S_{\text{оп}}$  - площадь вертикального сечения опоры, на которое приходится давление ветра,  $\text{м}^2$ .

Коэффициент аэродинамической составляющей с учетом сопротивления ветру  $C_x$  для плоских опор принимается равным минус 1,4.

Аналогичным образом, производится расчет нормативных изгибающих моментов на уровне консоли. При этом изменяется плечо действия горизонтальных сил.

Расчет выполнен для одной промежуточной и одной переходной опоры в соответствии с разработанным планом контактной сети. Часть распределенных нагрузок была определена и указана ранее.

## **4.2 Подбор консольной промежуточной опоры**

Расчет производится на примере промежуточной опоры контактной сети № 18 с консолью НР-I-5. Расчетная схема с указанием изгибающего момента промежуточной опоры контактной сети показана на чертеже номер 5.

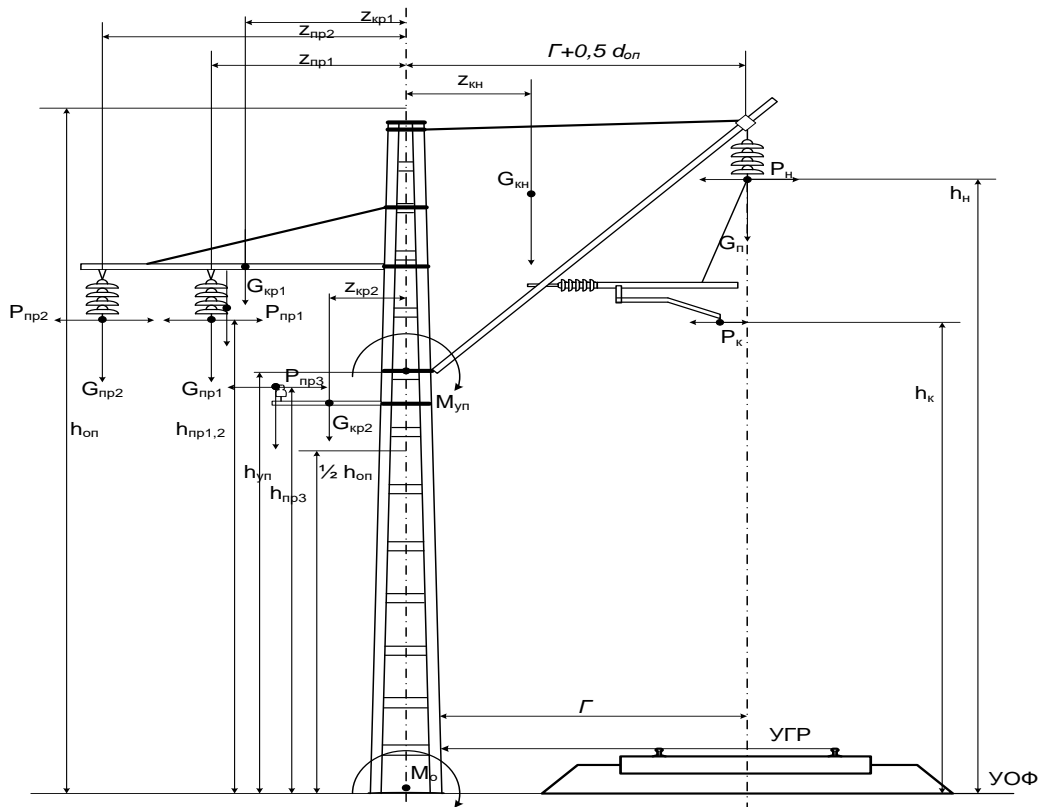


Рисунок 1 - Расчетная схема промежуточной опоры № 18.

Определение нормативного распределения нагрузок на провода:

– от веса проводов:

–провода ДПР АС-50/8,0, Н/м:

$$g_{\text{дпр}} = 1,91$$

–гололед на проводе ДПР АС-50/8,0, Н/м:

$$g_{z \text{ дпр}} = 2,77 \times b_{\text{max}} \times (d_i + b_{\text{max}}) \times 10^{-2}, \quad (15)$$

$$g_{\Gamma \text{ дпр}} = 2,77 \times 6,4 \times (9,6 + 6,4) \times 10^2 = 2,84$$

–провода ДПР АС-50/8,0 с гололедом, Н/м:

$$g_{\text{дпр } \Gamma} = g_{\text{дпр}} + g_{\Gamma \text{ дпр}}, \quad (16)$$

$$g_{\text{дпр } \Gamma} = 1,91 + 2,84 = 4,75$$

–провода волновода БМ-6 , Н/м:

$$g_{\text{ВВ}} = 2,29$$

–гололед на проводе волновода БМ-6, Н/м:

$$g_{\text{с вв}} = 2,77 \times b_{\text{max}} \times (d_i + b_{\text{max}}) \times 10^{-2} , \quad (17)$$
$$g_{\text{Г ВВ}} = 2,77 \times 6,4 \times (6 + 6,4) \times 10^2 = 2,2$$

–провода волновода БМ-6 с гололедом, Н/м:

$$g_{\text{ВВ Г}} = g_{\text{ВВ}} + g_{\text{Г ВВ}} , \quad (18)$$
$$g_{\text{ВВ Г}} = 2,29 + 2,2 = 4,49$$

– от ветровой нагрузки:

$$p_{\text{НВ}} = \alpha_{\text{Н}} \cdot C_x \cdot k_v^2 \cdot q_o \cdot d \cdot 10^{-2}, \quad (19)$$

где,  $\alpha_{\text{Н}}$  - показатель, указывающий на неравномерность давления ветра по всему пролету, при расчете проводов и длин пролетов равен  $\alpha_{\text{Н}}=0,9$ ;

$C_x$  - аэродинамический коэффициент лобового сопротивления  
принят равным – 1,25;

$k_v$ -коэффициент, учитывающий изменение ветрового напора в зависимости от характера окружающей местности;

$q_o$  - нормативное значение ветрового давления с периодичностью повторений не реже 1 раз в 10 лет, Па;

$d$  - диаметр провода, мм.

Для определения нормативного значения ветровой нагрузки на контактный провод, Н/м:

$$p_{кв} = \alpha_n \cdot C_x \cdot k_v^2 \cdot q_o \cdot H_k \cdot 10^{-2}, \quad (20)$$

Для определения значения ветровой нагрузки на несущий трос в режиме гололёда с ветром, Н/м:

$$p_{нг} = \alpha_n \cdot C_x \cdot k_v^2 \cdot q_{ог} \cdot (d + 2 \cdot b_{г}) \cdot 10^{-2}, \quad (21)$$

где ,  $q_{ог}$  - коэффициент нормативного значения ветрового давления в режиме гололёда с повторяемостью не реже 1 раз в 10 лет, Па;

$b_{г}$ - расчетная толщина гололёдной корки, мм.

Для определения нормативного значения ветровой нагрузки на контактный провод в режиме гололёда с ветром, Н/м:

$$p_{кг} = \alpha_n \cdot C_x \cdot k_v^2 \cdot q_{ог} \cdot (H_k + b_{г}) \cdot 10^{-2}, \quad (22)$$

- расчет для несущего троса М-120 в режиме ветра максимальной интенсивности

$$p_{нв} = 0,9 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 342 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 4,67 \text{ Н/м}$$

- расчет максимальной интенсивности в режиме ветра для контактного провода НЛЮл-0,04ф-100

$$p_{кв} = 0,9 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 342 \cdot 11,8 \cdot 10^{-3} = 3,93 \text{ Н/м}$$

- расчет для несущего троса М-120 в режиме гололёда с ветром

$$p_{нг} = 0,9 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 100 \cdot (14 + 2 \cdot 6,4) \cdot 10^{-3} = 2,61 \text{ Н/м}$$



- расчет в режиме гололеда с ветром для провода НЛЮл-0,04ф-100

$$p_{кз} = 0,9 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 100 \cdot (11,8 + 6,4) \cdot 10^{-3} = 1,77 \text{ Н/м}$$

- расчет максимальной интенсивности в режиме ветра для провода ДПР АС-50/8,0:

$$P_{дпр в} = 0,9 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 342 \cdot 9,6 \cdot 10^{-3} = 3,2 \text{ Н/м}$$

- расчет максимальной интенсивности в режиме ветра для провода волновода БСМ-6:

$$P_{вв в} = 0,9 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 342 \cdot 6 \cdot 10^{-3} = 2,00 \text{ Н/м}$$

- расчет в режиме гололеда с ветром для провода ДПР АС-50/8,0:

$$P_{дпрз} = 0,9 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 100 \cdot (9,6 + 2 \cdot 6,4) \cdot 10^{-3} = 2,18 \text{ Н/м}$$

- расчет в режиме гололеда с ветром для провода волновода БСМ-6:

$$P_{ввз} = 0,9 \cdot 1,25 \cdot 0,931^2 \cdot 100 \cdot (6 + 2 \cdot 6,4) \cdot 10^{-3} = 1,83 \text{ Н/м}$$

Для определения нормативных нагрузок, действующих на опору контактной сети при рассчитанных длин пролетов:  $l_n = 58$  м,  $l_n = 57$  м.

$$l_{ср} = (58 + 57) / 2 = 57,5 \text{ м}$$

При расчётном режиме максимального ветра определим вертикальную нагрузку от веса консолей, кронштейнов, изоляторов

- консоль НР-I-5:

$$G_{\text{кн2}} = 634 \text{ Н}$$

- кронштейн КФД:

$$G_{\text{кр1}} = 459 \text{ Н}$$

- кронштейн КВ-6-1у:

$$G_{\text{кр2}} = 128,1 \text{ Н}$$

- гирлянда подвесных изоляторов 4 ПС-70Б:

$$G_{\text{из1}} = 160,9 \text{ Н}$$

- изолятор волновода ТФ-20:

$$G_{\text{из2}} = 5,9 \text{ Н}$$

При гололеде с ветром определим вертикальную нагрузку от веса консолей, кронштейнов и изоляторов:

- консоль НР-I-5:

$$G_{\text{кн2г}} = 824,2 \text{ Н}$$

- кронштейн КФД:

$$G_{\text{кр1г}} = 596,7 \text{ Н}$$

- кронштейн КВ-6-1у:

$$G_{кр2г} = 166,5 \text{ Н}$$

- гирлянда подвесных изоляторов 4 ПС-70Б:

$$G_{из г} = 209,2 \text{ Н}$$

При расчётном режиме максимального ветра находим вертикальную нагрузку:

– цепная контактная подвеска М-120+ НЛЮл-0,04ф-100:

$$G_{ц} = 20,21 \times 57,5 + 160,9 = 1323 \text{ Н}$$

– провода ДПР АС-50:

$$G_{дпр} = 1,91 \times 57,5 + 160,9 = 271 \text{ Н}$$

– провода волновода БСМ-6:

$$G_{вв} = 2,29 \times 57,5 + 5,89 = 138 \text{ Н}$$

При расчётном режиме гололеда с ветром:

– цепная контактная подвеска М-120+ НЛЮл-0,04ф-100:

$$G_{цг} = 25,53 \times 57,5 + 209,2 = 1677 \text{ Н}$$

– провода ДПР АС-50:

$$G_{дпр г} = 4,75 \times 57,5 + 209,2 = 482 \text{ Н}$$

- провода волновода БСМ-6:

$$G_{\text{ввг}} = 4,49 \times 57,5 + 7,7 = 266 \text{ Н}$$

От интенсивного давления ветра на провода с учетом максимальной скорости ветра:

- нагрузка на несущий трос М-120:

$$P_{\text{нв}} = 4,67 \times 57,5 = 269 \text{ Н}$$

- нагрузка на контактный провод НЛЮл-0,04ф-100:

$$P_{\text{кв}} = 3,93 \times 57,5 = 226 \text{ Н}$$

- на провод ДПР АС-50/8,0:

$$P_{\text{дпр в}} = 3,2 \times 57,5 = 184 \text{ Н}$$

- провода волновода БСМ-6:

$$P_{\text{вв в}} = 2,0 \times 57,5 = 115 \text{ Н}$$

Нагрузка от давления ветра на контактную подвеску при гололеде с ветром:

- нагрузка на несущий трос М-120:

$$P_{\text{нг}} = 2,61 \times 57,5 = 150 \text{ Н}$$

- нагрузка на контактный провод НЛОл-0,04ф-100:

$$P_{кг} = 1,77 \times 57,5 = 102 \text{ Н}$$

- нагрузка на линию ДПР АС-50/8,0:

$$P_{дпр г} = 2,18 \times 57,5 = 125 \text{ Н}$$

- провода волновода БСМ-6:

$$P_{вв г} = 1,83 \times 57,5 = 105 \text{ Н}$$

Для определения давления ветра на опору по следующей формуле:

$$P_{оп} = C_x \times k_v \times q_o \times S_{оп}, \text{ Н}, \quad (23)$$

где  $S_{оп}=2,1 \text{ м}^2$ ;

Расчет горизонтальной нагрузки от давления ветра на опору:

- для расчета максимальной скорости ветра:

$$P_{оп в} = 1,4 \times 0,931 \times 342 \times 2,1 = 936 \text{ Н}$$

- при гололеде с ветром:

$$P_{оп г} = 1,4 \times 0,931 \times 100 \times 2,1 = 274 \text{ Н}$$

- при горизонтальной нагрузке с учетом изменения направления контактных проводов при установленных зигзагах на прямом участке пути:

$$P_{\text{из.к}} = K \times \frac{4 \times a}{l_{\text{сп}}}, \quad (24)$$

$$P_{\text{из.к}} = 10000 \times \frac{4 \times 0,3}{57,5} = 209 \text{ Н}$$

Плечи действия вертикальных нагрузок, м:

$$z_{\text{п}} = \Gamma + 0,5b_{\text{оп}} = 3,1 + 0,5 \times 0,54 = 3,47 \text{ м}$$

$$z_{\text{кн}} = 1,8 \text{ м}$$

$$z_{\text{кр1}} = 1,6 \text{ м}$$

$$z_{\text{кр2}} = 0,4 \text{ м}$$

$$z_{\text{пр1}} = 1,75 \text{ м}$$

$$z_{\text{пр2}} = 3,5 \text{ м}$$

$$z_{\text{пр3}} = 0,8 \text{ м}$$

Плечи действия горизонтальных нагрузок, м:

$$h_{\text{оп}} = 9,6 \text{ м}$$

$$h_{\frac{1}{2}\text{оп}} = 4,8 \text{ м}$$

$$h_{\text{уп}} = 6,35 \text{ м}$$

$$h_{\text{к}} = 6,5 \text{ м}$$

$$h_{\text{н}} = 8,3 \text{ м}$$

$$h_{\text{пр1}} = 8,0 \text{ м}$$

$$h_{\text{пр2}} = 8,0 \text{ м}$$

$$h_{\text{пр3}} = 6,0 \text{ м}$$

Изгибающий момент консольной опоры номер 18 в режиме максимального ветра для определения направления ветра от опоры на путь:

$$M_o = (G_{\Pi} \times z_{\Pi} + G_{\text{кн}} \times z_{\text{кн}} - G_{\text{пр1}} \times z_{\text{пр1}} - G_{\text{пр2}} \times z_{\text{пр2}} - G_{\text{пр3}} \times z_{\text{пр3}} - G_{\text{кр1}} \times z_{\text{кр1}} - G_{\text{кр2}} \times z_{\text{кр2}} + (P_{\text{к}} - P_{\text{из.к}}) \times h_{\text{к}} + P_{\text{н}} \times h_{\text{н}} + P_{\text{пр1}} \times h_{\text{пр1}} + P_{\text{пр2}} \times h_{\text{пр2}} + P_{\text{пр3}} \times h_{\text{пр3}} + 0,5 \times P_{\text{оп}} \times h_{\text{оп}}) \times 10^{-3}; \quad (25)$$

$$M_o = (1323 \times 3,47 + 634 \times 1,8 - 271 \times 1,75 - 271 \times 3,5 - 138 \times 0,8 - 459 \times 1,6 - 128 \times 0,4 + (226 - 209) \times 6,5 + 269 \times 8,3 + 2 \times 184 \times 8 + 115 \times 6 + 0,5 \times 936 \times 9,6) \times 10^{-3} = 13,9 \text{кН} \approx 14 \text{кН}$$

Изгибающий момент консольной опоры номер 18 в режиме максимального ветра для определения направления ветра от пути на опору:

$$M_o = (G_{\Pi} \times z_{\Pi} + G_{\text{кн}} \times z_{\text{кн}} - G_{\text{пр1}} \times z_{\text{пр1}} - G_{\text{пр2}} \times z_{\text{пр2}} - G_{\text{пр3}} \times z_{\text{пр3}} - G_{\text{кр1}} \times z_{\text{кр1}} - G_{\text{кр2}} * z_{\text{кр2}} + (P_{\text{к}} + P_{\text{из.к}}) \times h_{\text{к}} + P_{\text{н}} \times h_{\text{н}} + P_{\text{пр1}} \times h_{\text{пр1}} + P_{\text{пр2}} \times h_{\text{пр2}} + P_{\text{пр3}} \times h_{\text{пр3}} + 0,5 \times P_{\text{оп}} \times h_{\text{оп}}) \times 10^{-3}; \quad (26)$$

$$M_o = (1323 \times 3,47 + 634 \times 1,8 - 271 \times 1,75 - 271 \times 3,5 - 138 \times 0,8 - 459 \times 1,6 - 128 \times 0,4 + (226 + 209) \times 6,5 + 269 \times 8,3 + 2 \times 184 \times 8 + 115 \times 6 + 0,5 \times 936 \times 9,6) \times 10^{-3} = 16,672 \text{кН} \approx 16,7 \text{кН}$$

Изгибающий момент консольной опоры номер 18 в режиме гололеда с ветром для определения направления ветра от опоры на путь:

$$M_o = (G_{\Pi\Gamma} \times z_{\Pi} + G_{\text{кн}\Gamma} \times z_{\text{кн}} - G_{\text{пр1}\Gamma} \times z_{\text{пр1}} - G_{\text{пр2}\Gamma} \times z_{\text{пр2}} - G_{\text{пр3}\Gamma} \times z_{\text{пр3}} - G_{\text{кр1}\Gamma} \times z_{\text{кр1}} - G_{\text{кр2}\Gamma} \times z_{\text{кр2}} + (P_{\text{к}\Gamma} - P_{\text{из.к}}) \times h_{\text{к}} + P_{\text{н}\Gamma} \times h_{\text{н}} + P_{\text{пр1}\Gamma} \times h_{\text{пр1}} + P_{\text{пр2}\Gamma} \times h_{\text{пр2}} + P_{\text{пр3}\Gamma} \times h_{\text{пр3}} + 0,5 \times P_{\text{оп}} \times h_{\text{оп}}) \times 10^{-3}; \quad (27)$$

$$M_o = (1677 \times 3,47 + 824 \times 1,8 - 482 \times 1,75 - 482 \times 3,5 - 266 \times 0,8 - 597 \times 1,6 - 167 \times 0,4 + (102 - 209) \times 6,5 + 150 \times 8,3 + 2 \times 125 \times 8 + 105 \times 6 + 0,5 \times 274 \times 9,6) \times 10^{-3} = 8,032 \text{кН} \approx 8 \text{кН}$$

Изгибающий момент консольной опоры номер 18 в режиме гололеда с ветром для определения направления ветра от пути на опору:

$$M_o = (G_{\text{пг}} \times z_{\text{п}} + G_{\text{кнг}} \times z_{\text{кн}} - G_{\text{пр1г}} \times z_{\text{пр1}} - G_{\text{пр2г}} \times z_{\text{пр2}} - G_{\text{пр3г}} \times z_{\text{пр3}} - G_{\text{кр1г}} \times z_{\text{кр1}} - G_{\text{кр2г}} \times z_{\text{кр2}} + (P_{\text{кг}} + P_{\text{из.к}}) \times h_{\text{к}} + P_{\text{нг}} \times h_{\text{н}} + P_{\text{пр1г}} \times h_{\text{пр1}} + P_{\text{пр2г}} \times h_{\text{пр2}} + P_{\text{пр3г}} \times h_{\text{пр3}} + 0,5 * P_{\text{оп}} \times h_{\text{оп}}) \times 10^{-3}; \quad (28)$$

$$M_o = (1677 \times 3,47 + 824 \times 1,8 - 482 \times 1,75 - 482 \times 3,5 - 266 \times 0,8 - 597 \times 1,6 - 167 \times 0,4 + (102 + 209) \times 6,5 + 150 \times 8,3 + 2 \times 125 \times 8 + 105 \times 6 + 0,5 \times 274 \times 9,6) \times 10^{-3} = 10,749 \text{ кН} \approx 10,7 \text{ кН}$$

В режиме максимального ветра для определения направления ветра от опоры на путь изгибающий момент консольной опоры номер 18 относительно уровня консоли:

$$M_o = (G_{\text{п}} \times z_{\text{п}} + G_{\text{кн}} \times z_{\text{кн}} - G_{\text{пр1}} \times z_{\text{пр1}} - G_{\text{пр2}} \times z_{\text{пр2}} - G_{\text{пр3}} \times z_{\text{пр3}} - G_{\text{кр1}} \times z_{\text{кр1}} - G_{\text{кр2}} \times z_{\text{кр2}} + (P_{\text{к}} - P_{\text{из.к}}) \times (h_{\text{к}} - h_{\text{пт}}) + P_{\text{н}} \times (h_{\text{н}} - h_{\text{пт}}) + P_{\text{пр1}} \times (h_{\text{пр1}} - h_{\text{пт}}) + P_{\text{пр2}} \times (h_{\text{пр2}} - h_{\text{пт}}) + P_{\text{пр3}} \times (h_{\text{пр3}} - h_{\text{пт}}) + 0,5 \times P_{\text{оп}} \times (h_{\text{оп}} - h_{\text{пт}})) \times 10^{-3}; \quad (29)$$

$$M_o = (1323 \times 3,47 + 634 \times 1,8 - 271 \times 1,75 - 271 \times 3,5 - 138 \times 0,8 - 459 \times 1,6 - 128 \times 0,4 + (226 - 209) \times (6,5 - 6,35) + 269 \times (8,3 - 6,35) + 2 \times 184 \times (8 - 6,35) + 115 \times (6 - 6,35) + 0,5 \times 936 \times (9,6 - 6,35)) \times 10^{-3} = 6,1 \text{ кН}$$

В режиме максимального ветра для расчетного направления ветра от пути на опору изгибающий момент консольной опоры контактной сети номер 18 относительно уровня пяты консоли:



$$M_o = (G_{\Pi} \times z_{\Pi} + G_{\text{кн}} \times z_{\text{кн}} - G_{\text{пр1}} \times z_{\text{пр1}} - G_{\text{пр2}} \times z_{\text{пр2}} - G_{\text{пр3}} \times z_{\text{пр3}} - G_{\text{кр1}} \times z_{\text{кр1}} - G_{\text{кр2}} \times z_{\text{кр2}} + (P_{\text{к}} + P_{\text{из.к}}) \times (h_{\text{к}} - h_{\text{пт}}) + P_{\text{н}} \times (h_{\text{н}} - h_{\text{пт}}) + P_{\text{пр1}} \times (h_{\text{пр1}} - h_{\text{пт}}) + P_{\text{пр2}} \times (h_{\text{пр2}} - h_{\text{пт}}) + P_{\text{пр3}} \times (h_{\text{пр3}} - h_{\text{пт}}) + 0,5 \times P_{\text{оп}} \times (h_{\text{оп}} - h_{\text{пт}})) \times 10^{-3}; \quad (30)$$

$$M_o = (1323 \times 3,47 + 634 \times 1,8 - 271 \times 1,75 - 271 \times 3,5 - 138 \times 0,8 - 459 \times 1,6 - 128 \times 0,4 + (226 - 209) \times (6,5 - 6,35) + 269 \times (8,3 - 6,35) + 2 \times 184 \times (8 - 6,35) + 115 \times (6 - 6,35) + 0,5 \times 936 \times (9,6 - 6,35)) \times 10^{-3} = 6,162 \approx 6,2 \text{ кН}$$

Суммарная нагрузка режиме гололеда с ветром для расчетного направления ветра от опоры на путь изгибающий момент опоры контактной сети номер 18 относительно уровня пяты консоли:

$$M_o = (G_{\text{пт}} \times z_{\text{пт}} + G_{\text{кнг}} \times z_{\text{кнг}} - G_{\text{пр1г}} \times z_{\text{пр1г}} - G_{\text{пр2г}} \times z_{\text{пр2г}} - G_{\text{пр3г}} \times z_{\text{пр3г}} - G_{\text{кр1г}} \times z_{\text{кр1г}} - G_{\text{кр2г}} \times z_{\text{кр2г}} + (P_{\text{кг}} - P_{\text{из.к}}) \times h_{\text{к}} + P_{\text{нг}} \times h_{\text{н}} + P_{\text{пр1г}} \times h_{\text{пр1г}} + P_{\text{пр2г}} \times h_{\text{пр2г}} + P_{\text{пр3г}} \times h_{\text{пр3г}} + 0,5 \times P_{\text{оп}} \times h_{\text{оп}}) \times 10^{-3}; \quad (31)$$

$$M_o = (1677 \times 3,47 + 824 \times 1,8 - 482 \times 1,75 - 482 \times 3,5 - 266 \times 0,8 - 597 \times 1,6 - 167 \times 0,4 + (102 - 209) \times (6,5 - 6,35) + 150 \times (8,3 - 6,35) + 2 \times 125 \times (8 - 6,35) + 105 \times (6 - 6,35) + 0,5 \times 274 \times (9,6 - 6,35)) \times 10^{-3} = 4,634 \text{ кН} \approx 4,6 \text{ кН}$$

Изгибающий момент консольной опоры номер 18 относительно уровня пяты консоли с учетом режима гололеда с ветром рассчитан по формуле:

$$M_o = (G_{\text{пт}} \times z_{\text{пт}} + G_{\text{кнг}} \times z_{\text{кнг}} - G_{\text{пр1г}} \times z_{\text{пр1г}} - G_{\text{пр2г}} \times z_{\text{пр2г}} - G_{\text{пр3г}} \times z_{\text{пр3г}} - G_{\text{кр1г}} \times z_{\text{кр1г}} - G_{\text{кр2г}} \times z_{\text{кр2г}} + (P_{\text{кг}} + P_{\text{из.к}}) \times h_{\text{к}} + P_{\text{нг}} \times h_{\text{н}} + P_{\text{пр1г}} \times h_{\text{пр1г}} + P_{\text{пр2г}} \times h_{\text{пр2г}} + P_{\text{пр3г}} \times h_{\text{пр3г}} + 0,5 \times P_{\text{оп}} \times h_{\text{оп}}) \times 10^{-3}; \quad (32)$$

$$M_0 = (1677 \times 3,47 + 824 \times 1,8 - 482 \times 1,75 - 482 \times 3,5 - 266 \times 0,8 - 597 \times 1,6 - 167 \times 0,4 + (102 + 209) \times (6,5 - 6,35) + 150 \times (8,3 - 6,35) + 2 \times 125 \times (8 - 6,35) + 105 \times (6 - 6,35) + 0,5 \times 274 \times (9,6 - 6,35)) \times 10^{-3} = 4,697 \text{ кН} \approx 4,7 \text{ кН}$$

Определен наибольший изгибающий момент:  $M_0 = 16,7 \text{ кН}$

В результате проведенных расчетов тип промежуточной опоры выбран МШК1-10-100, так как данная опора контактной сети удовлетворяет всем условиям несущей способности:  $16,7 \text{ кН} < 100 \text{ кН}$

### 4.3 Подбор опорных конструкций

В качестве несущего элемента планируются к использованию металлические стойки МШК1-10-100 в составе промежуточных, анкерных опор контактной сети и для монтажа на них кронштейнов и консолей. Ниже приведены характеристики опор в таблице 10.

Таблица 10 – Характеристика опор контактной сети МШК1-10-100

Марка стойки	Максимальный допустимый изгибающий момент в основании стойки, кН×м	Размеры L-B/b-h, Мм	Посадочная база, мм	Масса, кг
МШК-10-100	110	9600-540/300-180	500×300	463

Выбраны следующий тип фундаментов для проекта: трехлучевые фундаменты ТСА-4,5-4.

Основные характеристики фундаментов, приведены в таблице 11.

Таблица 11 - Основные характеристики фундамента ТСА-4,5-4

Марка фундамента	Максимальный допустимый изгибающий момент в основании фундамента, кН×м	Размеры L-b-h, Мм	Посадочная база, мм	Масса, кг
ТСА-4,5-4	117	4500-670-590	500×300	1950

В качестве анкеров к использованию планируются трехлучевые фундаментные анкера ТАС-4,5.

Основные характеристики анкеров, использованных при проектировании, приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Основные характеристики анкера ТАС-4,5

Марка анкера	Размеры L-b-h, мм	Масса , кг
ТАС-4,5	4500-670-590	1530

Установку фундаментов и анкеров производить вибропофужением, а при механической разработке котлованов применять до сорока процентов щебня средней фракции для засыпки котлованов.

Действующие на опору контактной сети нагрузки передаются на грунт. При этом напряжение в грунте должны быть такими, что бы не приводили к разрушению его и наклону опоры, иначе не возможна нормальная эксплуатация контактной сети.

Все типы и виды устройств, обеспечивающее устойчивость опоры называют закреплениями опор в грунте. Если такое устройство состоит из нескольких отдельных частей, то под закреплением опоры понимают совокупность всех этих частей. Опоры контактной сети могут быть закреплены непосредственной заделкой их нижней (фундаментной) части в грунт или с использованием различных фундаментов, массивных элементов, заглубляемых в землю примерно 2 метра и более.

## 5 Экономический расчет

### 5.1 Общие положения по производству монтажных работ

Строительные работы по реконструкции контактной сети железнодорожного участка Солнцево – Васильково должно выполняться комплексно с целью обеспечения сдачи в эксплуатацию устройств контактной сети в соответствии с утвержденным графиком и высоким качеством работ.

Для монтажа новых опор контактной сети на участке Солнцево – Васильково, может осуществляться по местным условиям, следующим способом:

- погружение свайных фундаментов для опор контактной сети, перевозка, а так же установка опор контактной сети – комплексом машин, работающих на железнодорожном ходу.

Приведен расчет для монтажа контактной сети на перегоне Солнцево – Васильково в таблице тринадцать.

Определена продолжительность «окон» для производства работ – 4 часа.

Таблица 13 – Расчет исходных данных для монтажа контактной сети

Наименование	Ед. изм.	Количество
Фундаменты	шт.	25
Анкера	Шт	6
Опоры	шт.	25
Анкерные оттяжки типа БО-1	шт.	4
Анкерные оттяжки типа БКО-2	шт.	2
Консоли	шт.	27

Продолжение таблицы 13

Наименование	Ед. изм.	Количество
Заземление опор контактной сети	шт.	25
Компенсированные анкерówki конт. подвески	шт.	2
Протяженность несущего троса	Км	15,283
Трос средней анкерówki НТ	Км	1,270
Трос средней анкерówki КП	Км	0,384
Рессорный опорный узел	шт.	27
Электрические соединители	шт.	228
Фиксаторы	шт.	27

Таблица 14 - Таблица данных по объему строительных работ

Наименование работ	Единица Измерения	Объем производства работ	
		с пути	без применения техники
Определение мест установки фундаментов, анкерów и опор	шт.	–	31
Работа по установке фундамента	шт.	25	–
Работа по установке опор на фундамент	шт.	25	–
Работа по установке анкера	шт.	6	–
Установка анкерной оттяжки	шт.	–	4
Установка двойной анкерной оттяжки	шт.	–	2
Нумерация опор	Меток	–	25

Для выполнения работ с помощью машин и механизмов виды работ указаны в таблице 15

Таблица 15 – Задействованные машины и механизмы.

Наименование работ	Наименование задействованной техники
Установка фундаментов	АВФ-1
Установка анкерów	АВФ-1
Установка опор	АДМ-1С
Замена несущего троса	Монтажная машина СМ-1, АДМ-1М, АДМ-1С

Для определения расчета числа смен и количества “окон”, для выполнения строительно-монтажных работ на контактной сети, а так же для шурфовки мест установки опор и фундаментов данные представлены в пункте 5.1.1.

### 5.1.1 Определение объемов монтажных работ

Требуемые виды и объемы монтажных работ приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Объем монтажных работ.

Наименование работ	Ед. изм.	Количество
Установка консолей	шт.	25
Установка кронштейна ДПР КФД	шт.	25
Установка кронштейна волновода КВ-6-1у	шт.	25
Монтаж заземлений на опорах	шт.	25
Выполнение компенсированных анкерровок	шт.	2
Раскатка несущего троса	км	15,238
Монтаж струн:		
а) простых	км	15,238
б) рессорных	шт.	27
Выправка консолей	шт.	27
Замена средних анкерровок несущего троса	шт.	12
Замена средних анкерровок КП	шт.	12
Монтаж фиксаторов с регулировкой контактной подвески	шт.	27
Регулировка высоты положения контактного провода	км	15,238
Замена электрических соединителей	шт.	228

Определение необходимого количества окон представлен в таблице семнадцать и их продолжительность с учетом выполняемых работ представлен в таблице 17 для производства работ по реконструкции электрооборудования на участке Солнцево – Васильково.

Таблица 17 - Расчет необходимого числа смен и «окон» для числа работ.

Перечень работ	Производительность чел. час	Количество членов бригады	Объем работ	Количество смен/ окон
Установка консолей	3,81	2 бригады по 4 чел.	27	4 «О»
Установка кронштейна ДПР КФД	2,56	2 бригады по 4 чел.	25	2 «О»
Установка кронштейна волновода КВ-6-1у	1,58	3 бригады по 3 чел.	25	1 «С»
Монтаж заземлений на опорах	1	1 бригада 3 чел.	25	1 «С»
Выполнение компенсированной анкеровки	3,0	1 бригада 4 чел.	2	1 «О»
Замена несущего троса	66,9	2 бригады по 5 чел.	15,238	26 «О»
Выправка консолей	0,61	3 бригады по 3 чел.	27	1 «О»
Замена средних анкерровок НТ и КП	6,75	3 бригады по 3 чел.	12	3 «О»
Монтаж фиксаторов	0,6	3 бригады по 3 чел	27	1 «О»
Регулировка зигзагов КП	0,56	3 бригады по 3 чел	27	1 «О»
Регулировка высоты КП	1,9	2 бригады по 5 чел	15,238	1 «О»
Замена электрических соединителей	0,75	3 бригады по 3 чел	228	5 «О»

Таблица 18 – План-график выполнения монтажа контактной подвески

Перечень работ	Количество ед. работ.	Подолжительность работ	Рабочие дни														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Монтаж заземлений на опорах	25	1 «С»	■														
Установка консолей	27	4 «О»		■	■	■	■										
Установка кронштейна ДПР КФД	25	2 «О»					■	■									
Установка кронштейна волновода КВ-6-1у	25	1 «С»							■								
Выполнение компенсированной анкеровки	2	1«О»								■							
Замена несущего троса	15,238	8 «О»										■	■	■	■	■	■
Выправка консолей	27	1«О»															
Замена средних анкеровок	24	6 «О»															
Замена электрических соединителей	228	5 «О»															
Монтаж фиксаторов	27	1«О»															
Регулировка зигзагов КП	27	1«О»															
Регулировка высоты КП	15,238	1 «О»															



Продолжение таблицы 18

Наименование работ	Количество ед. работ.	Подолжительность работ	Рабочие дни														
			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Монтаж заземлений на опорах	25	1 «С»															
Установка консолей	27	4 «О»															
Установка кронштейна ДПР КФД	25	2 «О»															
Установка кронштейна волновода КВ-6-1у	25	1 «С»															
Выполнение компенсированной анкеровки	2	1«О»															
Замена несущего троса	15,238	8 «О»	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Выправка консолей	27	1«О»															
Замена средних анкеронок НТ	12	3 «О»															
Замена средних анкеронок КП	12	2 «О»															
Монтаж фиксаторов	27	1«О»															
Регулировка зигзагов КП	27	1«О»															
Регулировка высоты КП	15,238	1 «О»															
Замена электрических соединителей	228	5 «О»															

Продолжение таблицы 18

Наименование работ	Количество ед. работ.	Подолжительность работ	Рабочие дни														
			31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Монтаж заземлений на опорах	25	1 «С»															
Установка консолей	27	4 «О»															
Установка кронштейна ДПР КФД	25	2 «О»															
Установка кронштейна волновода КВ-6	25	1 «С»															
Выполнение компенсированной анкеровки	2	1«О»															
Замена несущего троса	15,238	8 «О»	□	□	□	□	□	□									
Выправка консолей	27	1«О»							□								
Замена средних анкеровок	24	5 «О»								□	□	□					
Замена электрических соединителей	228	5 «О»										□	□				
Монтаж фиксаторов	27	1«О»												□			
Регулировка зигзагов КП	27	1«О»														□	
Регулировка высоты КП	15,238	1 «О»															□

Продолжение таблицы 18

Наименование работ	Количество ед. работ.	Подолжительность работ	Рабочие дни																
			46	47	48	49	50												
Монтаж заземлений на опорах	25	1 «С»																	
Установка консолей	27	4 «О»																	
Установка кронштейна ДПР КФД	25	2 «О»																	
Установка кронштейна волновода КВ-6	25	1 «С»																	
Выполнение компенсированной анкеровки	2	1«О»																	
Замена несущего троса	15,238	8 «О»																	
Выправка консолей	27	1«О»																	
Замена средних анкеровок НТ	12	3 «О»																	
Замена средних анкеровок КП	12	2 «О»																	
Монтаж фиксаторов	27	1«О»																	
Регулировка зигзагов КП	27	1«О»																	
Регулировка высоты КП	15,238	1 «О»																	
Замена электрических соединителей	228	5 «О»	■	■	■	■	■												

## **5.1.2 Подготовительные работы перед производством монтажных работ**

Ответственному руководителю работ:

- до начала работ на месте уточнить специфические особенности расположения анкерного участка: наличие искусственных сооружений, кривых участков пути, наличие фиксирующих тросов, типы поддерживающих конструкций, места установки заземляющих штанг.
- определить объемы работ, составить план раскатки, уточнить направления раскатки. Установить этапы работ, расстановку механизмов и исполнителей.
- накануне работ передать заявки руководителю структурного подразделения ЭЧ (ЭЧК, ЭЧС): на выполнение работ по раскатке несущего троса и ввода его в работу, со снятием напряжения и заземлением; с предоставлением «окна» в движении поездов; с применением автомотрис и раскаточной платформы, с указанием времени, места и характера работ.
- получить наряд-допуск на производство работ и инструктаж от лица, выдавшего наряды.
- подобрать в соответствии с ведомостью зажимы для стыковки, временной анкеровки, временных соединений, струн, струновых зажимов и т.п. Проверить их качество. У изделий с резьбовыми соединениями прогнать резьбу и нанести смазку.
- подобрать монтажные приспособления, защитные средства, инструмент и сигнальные принадлежности, проверить их исправность и сроки испытаний. Погрузить их, а также подобранные материалы и детали на платформу
- до начала «окна» производится погрузка на автомотрисы необходимых материалов, инструмента и приспособлений. Погрузка

на каждую автомотрису зависит от запланированных для данной бригады характера и объема работ.

- организовать переезд хозяйственного поезда с бригадой к месту, где будет производиться работа.
- при работе на станционных путях согласовать ее выполнение с дежурным по станции, оформив запись в «Журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связи и контактной сети». После закрытия пути станции, получить разрешение дежурного по станции на его занятие. К месту производства работ автомотрисы и раскаточная платформа отправляются на правах хозяйственного поезда порядком, установленным Инструкцией по движению поездов.
- по прибытии на место работы провести целевой инструктаж всем членам бригады с росписью каждого в наряде. Четко распределить обязанности между исполнителями. Определить лиц для завешивания вторых заземляющих штанг в соответствии с нарядом.
- убедиться что все провода и оборудование, с которых снято напряжение, заземлены переносными заземляющими штангами в зоне работы на расстоянии в соответствии с нарядом-допуском.
- получить разрешение на производство работ формы ЭУ-57 к работе от руководителя работ ЭЧ с указанием о снятии напряжения в зоне работы и заземлением, закрытии пути для движения поездов, времени начала и окончания работ.
- подняться на рабочую площадку автомотрисы, привести площадку в рабочее положение, установить шунтирующие штанги.

Общее руководство работами осуществляет ответственный руководитель работ. Между ним и всеми бригадами должна быть установлена надежная радиосвязь.

В случае работы на станции нескольких бригад ответственный руководитель работ назначает в каждую из бригад наблюдающего или производителя работ.

Сведения о местах размещения баз материально-технического обеспечения, производственных организаций и объектов энергетического обеспечения, обслуживающих строительство на отдельных участках трассы, а также о местах проживания персонала, участвующего в строительстве, и размещения пунктов социально-бытового обслуживания, если необходимо.

Создание специальных баз материально-технического обеспечения не требуется. Источниками поставки строительных материалов, конструкций, изделий и оборудования являются строительные и производственные базы подрядных организаций, а также предприятия стройиндустрии, расположенные в районе строительства: песчаные и щебеночные карьеры, заводы ЖБИ и др.

Все материалы, конструкции и изделия доставляются от поставщиков непосредственно на строительную площадку с укладкой «с колес». При необходимости создания оперативного запаса материалов, конструкций и изделий, их складирование осуществляется на временных площадках в пределах отведенной полосы отвода железной дороги, где они находятся под круглосуточной охраной.

Генеральная подрядная организация назначается заказчиком или определяется путем проведения тендерных торгов и заключения договоров на осуществление строительно-монтажных работ на объекте.

Для выполнения специальных видов работ генеральным подрядчиком в качестве субподрядных привлекаются специализированные строительно-монтажные организации, имеющие разрешения на выполнение соответствующих видов работ, кадровых рабочих, квалифицированный руководящий и инженерно-технический персонал, прошедший проверку знаний по безопасному и безвредному ведению данного вида работ на действующих железнодорожных путях, необходимое оборудование,

технику, транспорт, а также опыт выполнения работ на объектах железнодорожного транспорта, перечисленных в рабочем проекте работ.

Одной из особенностей работ по существующему пути с действующей контактной подвеской является необходимость регулировки контактной сети бригадой электромонтеров-линейщиков после каждого «окна», в которое на ней производились работы, с целью безусловного обеспечения безопасности движения поездов на перегоне. В необходимых случаях в конце «окна» представитель дистанции электроснабжения, осуществляющий технический надзор за производством работ, проводит верховой осмотр контактной сети в пределах анкерного участка, на котором производились работы в данное «окно».

Раскатку проводов в «окно» намечено выполнять с монтажного поезда в составе дрезины АДМ и раскаточной платформы, при этом раскатку контактных проводов необходимо вести с использованием барабана. Работы по монтажу и демонтажу проводов в анкерном участке должны выполняться не менее как двумя бригадами с двух дрезин или монтажных платформ.

Все монтажные работы по реконструкции устройств контактной сети должны проводиться в соответствии с «Технологической документацией на работы по модернизации контактной сети постоянного тока под КС-160» ТДКС-160-3, утвержденной Департаментом электрификации и электроснабжения 27.12.2003 года.

После демонтажа всех старых проводов производится окончательная регулировка контактной подвески и демонтаж временных фиксирующих устройств.

Дополнительная регулировка контактной подвески необходима после завершения монтажной вытяжки несущих тросов и контактных проводов.

Перед выполнением работ по монтажу и замене дополнительных проводов с полевой стороны необходимо установить на установленных опорах все необходимые кронштейны, бугели, траверсы и т.д. при помощи

приставных лестниц, люльки автогидроподъемника или с рабочей площадки монтажной автомотрисы

Следующим этапом ведется раскатка провода подтяжением. Тяжение необходимо производить в соответствии с монтажными таблицами, после необходимой вытяжки производится перевод провода на кронштейны и отсоединение троса-лидера от провода с последующим сматыванием троса-лидера.

Монтажные работы ведутся, как правило, с различных монтажных автомотрис АДМ-1, АДМ-1М, АДМС, АДМ скм, раскаточных платформ ПР-1 и прочее.

Монтаж поддерживающих конструкций следует вести гидравлическими кранами, манипуляторами, из люльки машины АГП или с монтажных площадок автомотрис.

Перечень основных видов строительных и монтажных работ, ответственных конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения, подлежащих освидетельствованию с составлением соответствующих актов приемки перед производством последующих работ и устройством последующих конструкций

Основные виды работ и ответственные конструкции, показатели качества которых влияют на безопасность сооружения и в процессе строительства подлежат оценке соответствия требованиям нормативных документов и стандартов, и на которые требуется составление актов приемки, регламентированы нормативными документами на производство и приемку работ.

Все скрытые работы подлежат приемке с составлением актов их освидетельствования по установленной форме.

Подрядной организацией минимум за два рабочих дня оформляется вызов, для освидетельствования скрытых работ, путем передачи письма факсимильным каналом связи заказчику, техническому надзору и



авторскому в случае необходимости. В письме обязательно указывать виды скрытых работ, а также дату и время освидетельствования скрытых работ.

При освидетельствовании скрытых работ и ответственных конструкций на объекте должны быть чертежи и ведомости выполненных объемов работ, исполнительных схемы с привязкой к геодезическим пунктам.

Работы на пути и сооружениях должны выполняться под руководством должностных лиц, прошедших испытание в знании нормативных актов, указанных в п. 1.2. «Инструкцию по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ». Руководители обеспечивают постоянный контроль за соблюдением правил производства путевых работ и несут ответственность за безопасность движения поездов.

При производстве работ на электрифицированных участках руководитель работ должен принимать меры, обеспечивающие сохранность от повреждений контактной подвески, воздушных линий и опор контактной сети. Работы на таких участках должны согласовываться с дистанцией электроснабжения или районом контактной сети.

Места производства работ, вызывающих нарушение целостности или прочности и устойчивости пути и сооружений, а также препятствия на пути или около него в пределах габарита приближения строений, должны ограждаться соответствующими переносными сигналами и сигнальными знаками установленного типа в соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации», утвержденных приказом Минтранса России от 21.12.2010 г. № 286, п. 42, и «Инструкции по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации» приложение номер седьмом к «Правилам технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации». При этом запрещается: приступать к работам до ограждения сигналами места производства или препятствия, опасного для движения; снимать сигналы,

ограждающие препятствия или место производства работ до полного окончания работ, проверки состояния пути, сооружений и контактной сети, соблюдения габарита. Ограждение мест производства работ в зависимости от фронта работ и места производства работ должны выполняться в соответствии с «Инструкцией по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ» и «Инструкции по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации».

Перед производством работ, ограждаемых сигналами остановки или уменьшения скорости, поездам должны выдаваться предупреждения. Порядок выдачи предупреждений должен соответствовать требованиям «Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ», п.п. 8.1-8.19 и приложению №12 к «Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации» приложение номер восьмом к «Правилам технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации», п.п. 1-20.

Закрытие перегона для выполнения работ производится на основании телеграфного распоряжения зам. начальника или начальника железной дороги. В телефонограмме указывается время, на которое согласовано закрытие перегона или отдельного пути, фамилия лица, осуществляющего единое руководство этими работами. В день производства работ закрытие и открытие перегона оформляется приказом поездного диспетчера. Порядок действия руководителя работ и поездного диспетчера должен соответствовать требованиям, изложенным в п.п. 3.6, 3.7 «Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ» и п.п. 3; 4 приложения №8 к «Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации».

Запрещается приступать к работам до получения руководителем работ приказа поездного диспетчера о закрытии перегона, а на электрифицированных участках дополнительно приказа энергодиспетчера о

снятии напряжения в контактной сети и последующей установки заземляющих штанг.

Порядок отправления рабочих поездов на закрытый перегон и их работа на перегоне должны соответствовать требованиям п.п. 3.10-3.15, 3.22-3.26 «Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ», и п.п. 5-10, 19 приложения №8 к «Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации».

При работе на закрытом перегоне комплексов путевых машин должны соблюдаться требования, изложенные в п.п. 3.27-3.33 «Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ», а также в «Инструкциях по эксплуатации конкретных путевых машин и специального подвижного состава».

К времени окончания установленного перерыва в движении поездов работы по ремонту должны быть полностью закончены, путь, сооружения и устройства приведены в состояние, обеспечивающее безопасное движение поездов в соответствии с требованиями п.п. 2.2.1-2.2.13, 2.6-2.8, 3.16 «Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ» и п. 11 приложения №8 к «Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации», сигналы остановки сняты с оставлением, если это необходимо, сигналов уменьшения скорости и соответствующих сигнальных знаков.

Отправление рабочих поездов, машин и агрегатов с перегона производится по указанию руководителя работ, предварительно согласованному с поездным диспетчером. Порядок возвращения рабочих поездов и машин должен соответствовать требованиям п.п. 3.17; 3.20; 3.21 «Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ» и п.п. 12, 13, 16 приложения №8 к «Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации».

Открытие движения поездов на перегоне производится приказом поездного диспетчера только после получения уведомления от руководителя работ, назначенного телеграфным распоряжением зам. начальника или начальником железной дороги об окончании путевых работ, отсутствии на перегоне рабочих поездов, машин и агрегатов, а также об отсутствии других препятствий для безопасного движения поездов. Восстановление действия существующих устройств С ЦБ и связи или электроснабжения производится после установки и подключения всех перемычек и соединителей к рельсам и по получении уведомления соответственно от электромеханика СЦБ и связи и энергодиспетчера в соответствии с требованием п.п. 14; 15 приложения №8 «Инструкции по движению поездов и маневровой работе на железных дорогах Российской Федерации» и «Инструкции по обеспечению безопасности движения поездов при производстве путевых работ».

На станционных путях запрещается производить путевые работы, требующие ограждения сигналами остановки или ограничения скорости движения поездов, без согласия дежурного по станции и без предварительной записи руководителем работ в

Журнале осмотра путей, стрелочных переводов, устройств СЦБ, связи и контактной сети. На участках, оборудованных диспетчерской централизацией, такие работы должны выполняться с согласия поездного диспетчера.

### **5.1.3 Результаты расчета стоимости запланированной реконструкции**

Рассмотрены следующие вопросы:

- определена стоимость и необходимое количество материалов для выполнения реконструкции участка;
- произведен расчет затрат на транспортные расходы, с учетом доставки бригад и материала к месту производства работы;
- рассчитаны затраты на производство монтажных работ.

Рассчитана стоимость учитываемых материалов, выбранных для выполнения работ по реконструкции электрооборудования на участке контактной сети и представлены в таблице 19

Таблица 19 – Расчет необходимых материалов и затрат на них

Наименование материала	Единица измерения	Необходимое количество	Цена за единицу, руб.	Суммарная стоимость, руб.
Опора МШК1-10-100	тонн	$25 \times 0,410 = 10,25$	361026,36	3790776,73
Фундамент ТСА-4,5-4	м <sup>3</sup>	$25 \times 0,78 = 19,5$	54150,86	1353771,51
Анкер ТАС-4,5	м <sup>3</sup>	$6 \times 0,63 = 3,78$	48870,33	184729,85
Консоль НР-5	шт.	19	11428,96	217150,24
Консоль НС-I-5	шт.	4	13219,71	52878,84
Консоль НС-II-5	шт.	4	13880,70	55522,78
Кронштейн КФД	шт.	25	6631,17	165779,25
Кронштейн КВ-6-1у	шт.	25	9688,36	242209,00
Груз компенсаторный чугунный оцинкованный	Тонн	1,95	21903,49	42711,81
Компенсатор КБП-3-40	шт.	2	38534,46	77068,93
Фиксатор ФП- I	шт.	13	5100	66300
Фиксатор ФП- II	шт.	2	8350	16700
Фиксатор ФО- II	шт.	9	14000	126000

Продолжение таблицы 19

Наименование материала	Единица измерения	Необходимое количество	Цена за единицу, руб.	Суммарная стоимость, руб.
Фиксатор ФА- II	шт.	2	6900	13800
Фиксатор ФГ	шт.	1	1050	1050
Изолятор НСПКр70-25/1,5	шт.	1	3904,32	3904,32
Изолятор ФСПКр 70-25/1,1	шт.	26	4768,68	123985,68
Изолятор НСПКр 120-25/1,5	шт.	14	5827,02	81578,30
Провод 4-БСМ-1	Тонн	$0,65 \times 15,238 \times 0,104 = 1,030$	448638,24	462097,39
Провод М-120	тонн	$15,238 \times 1,058 = 16,121$	450755,80	7266634,25
Провод М-95	тонн	$(1,270 + 0,384) \times 0,85 = 1,406$	463615,13	651796,33
Узел заземления УКЗ-1-3	комплект	25	2422,68	60567
Итого расходы на материалы				15056822,21

Стоимость материалов ( $K_a$ ) на один анкерный участок увеличится с учетом среднего показателя неучтенных деталей на 9,71% и составят  $K_M=16519592,5$  (руб.).

С учетом доставки материалов, на необходимые транспортные расходы  $K_T$  равны 6,91 %

$$K_T=0,059 \cdot K_M, \quad (33)$$

где  $K_m$ - коэффициент учитывающий капитальные расходы на материалы, (руб.).

$$То K_T = 0,059 \times 16519592,5 = 974655,95 \text{ (руб.)}.$$

При расчете были использованы утвержденные нормативные документы в которых рассчитаны расходы на содержание и ремонт машин и механизмов, а так же заработная плата персонала

## **5.2 Расчет эксплуатационных расходов и экономической эффективности**

Различные виды расходов на оплату труда и эксплуатацию зависят от начисления определенного процента на основные расходы:

- внебюджетные фонды требуют отчислений в размере 30,2 процента;
- производственные показатели стимулируются премиальным фондом в размере 10 процентов;
- работа на опасных и вредных условиях труда оценивается доплатой в размере 4 процентов;
- 40 процентов районного коэффициента необходимо учитывать;
- северная надбавка составляет 80 процентов.

Вычислим по формуле фонд оплаты труда, руб.:

$$Э_{\text{фот}} = \sum C_i \cdot Z_i \cdot 12, \quad (34)$$

где,  $\sum C_i$  - коэффициент определяющий количество работников;

$Z_i$  – величина состоящая из основной и переменной части среднемесячной заработной платы, руб.

За выполнение работ в течение месяца предусмотрено 168 часов рабочего времени. Оплата труда электромонтера за этот период будет рассчитана исходя из часовой тарифной ставки в 86,6 рубля. Итак, за месяц заработок составит:  $86,6 \times 168 = 16771,44$  (руб).

Результаты представлены в таблице 20, после проведения расчета оплаты труда.

Таблица 20 - Затраты на оплату труда персоналу

Вид затрат	Электромеханик	Электромонтер
Месячный оклад, руб.	31402,85	16771,44
Доплата за работу в опасных и вредных условиях труда: (4%), руб.	1256,11	670,86
Районный коэффициент: 40%, руб.	12561,14	6708,58
Северная надбавка: 80%, руб.	25122,28	13417,15
Премирование согласно выполнения плана в установленные сроки : 10%, руб.	3140,29	1677,14
Суммарные расходы на выплату заработной платы, руб.	73482,67	39245,17
Годовой расходы, с учетом всех затрат руб.	881792,04	470942,04

В зоне обслуживания района контактной сети ст. Сумпосад затраты включают в себя: эксплуатационные расходы и оплату труда персонала, согласно карте технологического процесса на данную работу задействованы два электромеханика, восемь электромонтёров.



$$\mathcal{E}_{\text{фот}} = 2 \times 881792,04 + 8 \times 470942,04 = 5531120,4 \text{ (руб.)}$$

От фонда оплаты труда отчисления во внебюджетные фонды составляют 30,2% и имеют следующее значение:

$$\mathcal{E}_{\text{вн}} = 5531120,4 \times 30,2/100 = 1670398,36 \text{ (руб.)}$$

Из-за учащения отказов устройств контактной сети на перегоне из-за большого срока эксплуатации, денежные затраты на прочие расходы до реконструкции определяются как 15 % от расчетного фонда оплаты труда, который составляет. руб.:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = \mathcal{E}_{\text{фот}} \cdot 0,15. \quad (35)$$

$$\text{Тогда } \mathcal{E}_{\text{пр}} = 5531120,4 \times 0,15 = 829668,06 \text{ (руб.)}$$

Расчет общехозяйственных расходов до реконструкции может быть упрощен, если принять их равными 20% от основных расходов, которые определяются по следующей формуле, выраженной в рублях.

$$\mathcal{E}_{\text{ор}} = 0,2 \cdot (\mathcal{E}_{\text{фот}} + \mathcal{E}_{\text{пр}}) \quad (36)$$

$$\text{Тогда } \mathcal{E}_{\text{ор}} = 0,2 \times (5531120,4 + 829668,06) = 1272157,69 \text{ (руб.)}$$

Размер эксплуатационных расходов определен по формуле, руб.:

$$\sum \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{фот}} + \mathcal{E}_{\text{пр}} + \mathcal{E}_{\text{ор}} + \mathcal{E}_{\text{вн}}. \quad (37)$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \sum \mathcal{E}_{\text{до}} &= 5531120,4 + 829668,06 + 1272157,69 + 1670398,36 = \\ &= 9303344,5 \text{ (руб.)} \end{aligned}$$

После проведения реконструкции на участке перегона Солнцево – Васильково, район контактной сети ЭЧК-6 будет ответственен за его

обслуживание. Здесь трудятся семь электромонтёров и два электромеханика. Сокращение эксплуатационных расходов контактной сети является ключевым показателем успешности реконструкции. Это приводит к уменьшению общехозяйственных и других затрат, а также позволяет сократить штат сотрудников, необходимых для обслуживания данного участка. Медные несущие тросы на данном участке прослужат более 50 лет. Общие эксплуатационные расходы до реконструкции составляют 9303344,5 рублей.

$$\mathcal{E}_{\text{фот}} = 2 \times 881792,04 + 7 \times 470942,04 = 5060178,36 \text{ (руб.)}$$

Отчисления в размере 30,2% от общего фонда оплаты труда отправляются в Пенсионный фонд, фонд ОМС и фонд социального страхования.

$$\mathcal{E}_{\text{вн}} = 5060178,36 \times 30,2/100 = 1528173,86 \text{ руб.}$$

После завершения реконструкции, принимается, что общие расходы на дополнительные затраты составят 10% от общей суммы, предусмотренной для оплаты труда. руб:

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = 5060178,36 \times 0,1 = 506017,84 \text{ (руб.)}$$

Для расчета общехозяйственных расходов после реконструкции для упрощения расчета можно принять равным 10 % от основных расходов, который определен по формуле, руб:

$$\mathcal{E}_{\text{ор}} = 0,1 \times (5060178,36 + 506017,84) = 556619,62 \text{ (руб.)}$$

Размер эксплуатационных расходов определен по формуле, (руб):

$$\sum \mathcal{E}_{\text{после}} = 5060178,36 + 506017,84 + 556619,62 + 1528173,86 = 7650989,68 \text{ (руб.)}$$

Эксплуатационные расходы после реконструкции составляют 7650989,68 руб.

Реконструкция приведет к экономическому эффекту, который будет определяться изменением эксплуатационных расходов до и после проведения работ, руб.:

$$\Delta \mathcal{E}n = \sum \mathcal{E}_{\text{до}} - \sum \mathcal{E}_{\text{после}} \quad (38)$$

$$\text{Получается } \Delta \mathcal{E}n = 9303344,51 - 7650989,68 = 1652354,83 \text{ (руб.)}$$

Расходы после реконструкции будут уменьшены за несколько лет, что позволит окупить инвестиции в данный проект.

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{\Delta \mathcal{E}n}, \quad (39)$$

где  $\Delta \mathcal{E}n$  - коэффициент снижения эксплуатационных расходов руб;

$K$  – коэффициент затрат на материалы и транспортные расходы, руб.

Капитальные вложения рассчитаны по формуле и равны 136506661,03 руб.

$$\text{Тогда } T_{\text{ок}} = \frac{19233643,7}{1652354,83} \approx 11,7 \text{ (лет)}.$$

Реконструкция контактной сети перегона Солнцево – Васильково будет реализована в части ее окупаемости через 11,7 лет, что говорит о его экономической эффективности, учитывая, что срок службы несущего троса и металлических опор составляет более 50 лет.

Качество производства строительно-монтажных работ регламентируются МДС 12-7.2000, СНиП, устанавливающими состав и порядок контроля, оформления скрытых работ, правила окончательной

приемки работ, направленные на обеспечение высокого качества строительной продукции.

Скрытые работы оформляются актами по установленной форме.

Контроль качества выполняют визуальным осмотром, натурным измерением линейных размеров, натурным методом испытаний, механическим, или разрушающим, и физическим, или неразрушающим методами.

Заказчик выполняет технический надзор: соблюдение строителями сроков работ; обеспечение качества работ; проверка объемов выполняемых работ.

Проектная организация осуществляет авторский надзор: контроль соблюдения строителями проектных решений и качество выполнения строительно-монтажных работ. Все замечания, которые заказчик считает необходимым сделать, фиксируются в журнале.

## **6 Охрана труда**

В период выполнения строительных работ соблюдать требования охраны и безопасности труда согласно СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования», СНиП 12-04-2002 «Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство».

К общим требованиям безопасности труда работников относятся:

- проведение обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических (в течение трудовой деятельности) медицинских осмотров для признания годности к выполнению работ в порядке установленном Минздравом России;
- обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, инструктаж по охране труда, стажировку на рабочем месте и проверку знаний и требований по охране труда;
- допуск к работе должен оформляться приказом организации, выполняющей работы.

Мероприятия направленные на обеспечение техники безопасности и охраны труда следующие ограждение действующих стационарных машин, проверка испытании подъемников, кранов и т.д.; оборудование самоходных машин звуковой и световой сигнализацией; ограждение мест работы машин, а в не рабочее время - их стоянок; обеспечение строителей необходимым количеством санитарно-бытовой площади, питьевой водой; при изменении погодных условий в сторону не допустимых, работы прекращаются, о чем докладывается руководителю предприятия; при обнаружении в процессе работ неисправностей, при которых согласно инструкции завода-изготовителя не допускается эксплуатация техники, последнюю необходимо остановить и сообщить лицу, ответственному за исправное состояние техники; по окончании работы очистить и привести в порядок технику и рабочее место.

## Заключение

С увеличением надежности объектов инфраструктуры высокое значение приобретает уменьшение расходов на обслуживание контактной сети, снижение затрат времени на планово-предупредительные работы по ремонту и регулировке контактной подвески. Увеличивается пропускная способность. Мероприятия, рассмотренные в данном проекте не только экономически выгодны, но и обеспечивают безопасность движения поездов.

В плане выполнения ВКР было предложено провести реконструкцию электрооборудования контактной сети маршрута Васильково – Солнцево. Описание маршрута было представлено. Сделано обоснование необходимости модернизации электрооборудования. В рамках работ по реконструкции были внесены следующие изменения: замена несущего троса, тросов средних анкерровок контактного провода и несущего троса с провода ПБСМ-95 на провод М-120, замена дефектных опор и фундаментов, а также замена поперечных соединителей с провода МГГ-70 на провод М-95. Произведен расчет нагрузок, действующих на провода и конструкции.

Для реконструкции электрооборудования контактной сети была проведена оценка экономической эффективности. Монтаж металлических опор типа МШК1-10-100 и фундаментов ТСА-4,5-4 осуществлялся на основе расчетов нагрузок и момента сил на опору. Расчет тяговых нагрузок проводился с использованием программной системы КОРТЭС. Разработан план строительных и монтажных работ для перегона Солнцево – Васильково. Выполнен расчет затрат на эксплуатационную деятельность и расходы связанные с обслуживанием техники, задействованной на этом перегоне.

Проведен анализ опасных и вредных факторов в разделе охраны труда, где рассмотрены требования безопасности при выполнении работ по реконструкции контактной сети. Обеспечение работников СИЗ и проверка их соответствия требованиям на пригодность также освещены.

## Список используемых источников

1. Гапанович В.А., Епифанцев С.Н. Овсейчук В.А. Энергетическая стратегия и электрификация российских железных дорог Г.П. Кутового -М.: Эко-Пресс, 2012. - 196 с.
2. ГОСТ 12.0.003-2015 Межгосударственный стандарт. Система безопасности труда. Опасные и производственные факторы. Введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 июня 2016 г. N 602-ст.
3. ГОСТ 12.1.038-82 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. Введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30.07.82г. N 2987.
4. Контактная сеть, издание второе переработанное и дополнительное. Ю.И. Горошков, Н.А. Бондарев. Утверждено Москва «Транспорт» 1981 г.
5. Копытенкова О.И., Шилова Е.А. Сазонова А.М. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» в интерактивной форме для студентов всех специальностей факультета безотрывных форм обучения. -СПБ.: Петербургский государственный университет.
6. Нормы по производству и приемке строительных и монтажных работ при электрификации железных дорог (устройства контактной сети), утвержденные Министерством путей сообщения РФ 11.08.2000 г. СТН 12-00
7. Правила устройства электроустановок. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Главгосэнергонадзор России, 1998г. Утверждены Минэнерго России от 06.10.1999г. – 606 с.

8. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок. Утверждены приказом Минтруда России от 15.12.2020 № 903н.
9. Правила по безопасности при эксплуатации электроустановок тяговых подстанций и районов электроснабжения железных дорог ОАО «РЖД». Утверждены распоряжением ОАО «РЖД» от 13.06.2017 г. №1105/р.
10. Проектирование средств защиты от опасных и вредных производственных факторов: учебное пособие Ч. 1. / Н.Н. Маслов, С.Н. Павлов, А.П. Пронин и др.; под ред. А. С. Бадаева. СПб: ПГУПС, 1995. 125 с.
11. Р 2.2.2006-05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Утверждено Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29 июля 2005 г.
12. СанПиН1.2.3685-21 Санитарные правила. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания. Утверждено постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021г. №2.
13. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7 ноября 2016 г. N 777/пр.
14. Стратегия развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 г. Утверждена распоряжением Правительства
15. Техника безопасности и производственная санитария на железнодорожном транспорте. / А. А. Лоцинин, Н. К. Терентьев, А. И. Тюриков; под ред. П. А. Жданова – М.: Транспорт, 1987. – 591 с.
16. Федеральный закон «О железнодорожном транспорте Российской Федерации» №17–ФЗ от 10.01.2003 года (ред. 02.07.2013).
17. Федеральный закон «О техническом регулировании» № 184–ФЗ от 27.12.2002 г. (ред. от 28.11.2018 года).



18. Федеральный закон «Об электроэнергетике» № 35–ФЗ от 26.03.2003г. (ред.21.07.2014).

19. Фрайфельд А.В. Проектирование контактной сети / Фрайфельд А.В. 2-е изд., переработанное и дополненное. – М.:Транспорт,1984.- 327с.

20. Экономика транспорта: учеб.пособие.Ч.2. Железнодорожный транспорт.- 2-е изд. -СПБ.: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2009-140с