

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

Факультет Электромеханический

Кафедра Электроснабжение транспорта

Допускается к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент Ковалев А.А.

« 21 » июня 2019 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема: Проект участка контактной сети переменного тока с разработкой
трехмерной модели металлических швеллерных опор

(пояснительная записка)

23.05.05.22.ПД.СОэ514.01.ПЗ

(шифр документа)

Разработал: студент СОэ-514 [подпись] Хромов И.А.
(студент-дипломник) (группа) (подпись) (дата) (Ф.И.О.)

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

Консультанты: к.т.н. доцент [подпись] Афанасьева Н.А.
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

к.т.н. доцент [подпись] Белинский С.О.
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

Н. контролер: к.т.н. доцент [подпись] Окунев А.В.
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

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

Факультет Электромеханический Кафедра Электроснабжение транспорта
Специальность 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

к.т.н., доцент Ковалев А.А.

«22» февраль 2019 г.

Задание

на дипломный проект студенту

Хромову Ивану Андреевичу

(фамилия, имя, отчество)

1 Тема проекта : Проект участка контактной сети переменного тока с разработкой трехмерной модели металлических швеллерных опор

утверждена приказом по университету от «27» февраля 2019 г. № 338-со

2 Срок сдачи студентом законченного проекта 21.06.19

3 Исходные данные к проекту приведены на странице 13 пояснительной записки

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

2. Разработка трехмерной модели металлических швеллерных опор;

3. Расчет эксплуатационных расходов на содержание участка контактной сети;





4. Безопасность жизнедеятельности.

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. План контактной сети станции;

2. План контактной сети перегона;

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

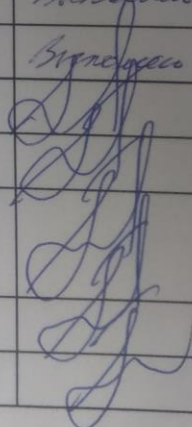
Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		задание выдал	задание принял
Экономический	Афанасьева Н.А.	26.03.2019 	03.06.2019 
Безопасность жизнедеятельности	Белинский С.О.	26.03.2019 	03.06.2019 

7 Дата выдачи задания 27.02.19

Руководитель _____
(подпись)

Задание принял к исполнению студент _____
(подпись)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов дипломного проекта (работы)	Срок выполнения этапов проекта (работы)	Примечание
Утверждение тем ВКР	15.01.19	Выполнено
Сбор исходных данных для выполнения ВКР	25.03.19	Выполнено
Постановка целей и задач ВКР, написание введения	25.03.19	Выполнено
Разработка основной части ВКР	31.03.19	Выполнено
Разработка специальной части ВКР	14.04.19	Выполнено
Разработка раздела по экономической части ВКР	01.05.19	Выполнено
Разработка раздела по БЖД	15.05.19	Выполнено
Подготовка графической части ВКР	20.05.19	Выполнено
Оформление ВКР	26.05.19	Выполнено
Подписание ВКР у консультантов	05.06.19	Выполнено
Подписание ВКР у руководителя	10.06.19	Выполнено
Проверка ВКР на плагиат	10.06.19-16.06.19	
Нормоконтроль ВКР	10.06.19-16.06.19	
Сдача ВКР на кафедру	21.06.19	
Утверждение ВКР у заведующего кафедрой	17.06.19-21.06.19	
Получение рецензии на ВКР	17.06.19-21.06.19	
Защита ВКР	01.07.19-08.07.19	

Руководитель _____
(подпись)

студент - дипломник _____
(подпись)

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

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой
к.т.н., доцент Ковалев А.А.

« 22 » февраля 2019 г.

Задание
на специальный раздел ВКР

Студент Хромов Иван Андреевич Группа СОЭ-514
(Фамилия, Имя, Отчество)

Расчет эксплуатационных расходов на содержание участка контактной сети
(название специального раздела)

1. Тема Проект участка контактной сети переменного тока с разработкой трехмерной модели металлических швеллерных опор

(название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от «27» февраля 2016 г. № 338-со

Выпускающая кафедра Электроснабжение транспорта

Руководитель проекта к.т.н. Паранин А.В.

(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

2. Консультант раздела доцент, к.т.н. Афанасьева Н.А.

Кафедра, ведущая специальный раздел Экономика транспорта

3. Исходные данные: получены по месту практики

4. Срок сдачи студентом законченного раздела 14.05.2019

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

1) Определение затрат на зарплату для сотрудников участка контактной сети

2) Определение затрат на заработную плату работников ремонтно-ревизионного участка

3) Определение расходов на капитальный ремонт контактной сети

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

7. Дата выдачи задания 22 февраля Консультант Н.А. Афанасьева
(подпись)

Согласовано: И А.В. Паранин
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению И И.А. Хромов
(дата и подпись студента-дипломника)

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

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

к.т.н., доцент Ковалев А.А.

«22» февраля 2019 г.

Задание
на специальный раздел ВКР

Студент Хромов Иван Андреевич Группа СОэ-514
(Фамилия, Имя, Отчество)
Безопасность жизнедеятельности
(название специального раздела)

1. Тема Проект участка контактной сети переменного тока с разработкой трехмерной модели металлических швеллерных опор
(название темы ВКР)

Утверждена приказом по университету от «27» февраля 2019 г. № 338-со

Выпускающая кафедра Электроснабжение транспорта

Руководитель проекта к.т.н., доцент Паранин А.В.

(Фамилия, инициалы, должность или ученое звание, ученая степень)

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

Кафедра, ведущая специальный раздел Техносферная безопасность

3. Исходные данные: получены по месту практики

4. Срок сдачи студентом законченного раздела 25.05.2019

5. Содержание специального раздела (перечень подлежащих разработке вопросов)

1) Безопасность труда при установке опор контактной сети;

2) Экспертиза дипломного проекта на соответствие требованиям безопасности жизнедеятельности.

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

7. Дата выдачи задания 22.02.19 Консультант С.О. Белинский
(подпись)

Согласовано: _____ А.В. Паранин
(дата и подпись руководителя ВКР)

Принято к исполнению _____ И.А. Хромов
(дата и подпись студента-дипломника)

РЕФЕРАТ

В данном дипломном проекте всего: страниц 80, рисунков 30, таблиц 17, использованных источников 12, чертежей 2 листа.

НАГРУЗКА, КОНТАКТНАЯ СЕТЬ, СТАНЦИЯ, ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК, ПЕРЕГОН, ШВЕЛЛЕР, СЕЧЕНИЕ, ПИКЕТАЖ, АНКЕРНЫЙ УЧАСТОК, ОПОРА, ПРОЛЕТ.

LOAD, CONTACT NETWORK, STATION, AC CURRENT, DISTILLATION, SCHEVELLER, SECTION, PICKET, ANCHOR PLOT, SUPPORT, FLIGHT.

Объект исследования: участок контактной сети на переменном токе.

Цель: выполнить проект участка контактной сети на переменном токе, соответствующий всем установленным нормам. Разработать трехмерную модель металлической швеллерной опоры.

Экономическая эффективность: Произведен расчет эксплуатационных расходов на содержание участка контактной сети, которые составили 2181507,16 рублей.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	23.05.05.22.ПД.СОэ514.01.ПЗ.			
Разраб.		Храмов И.А.						
Пров.		Паранин А.А.						
Н. контр.		Окунев А.В.		АВ06	Проект участка контактной сети переменного тока с разработкой трехмерной модели металлических швеллерных опор			
Утв.		Ковалев А.А.		АА06				
					Лит.	Лист	Листов	
					У	-	7	80
					ФГБОУ ВО УрГУПС			
					Кафедра «Электроснабжение транспорта»			

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Введение</u>	10
<u>1 Проект участка контактной сети переменного тока</u>	12
<u>1.1 Исходные данные проекта</u>	12
<u>1.2 Расчет нагрузок на провода контактной сети</u>	13
<u>1.3 Расчет допустимых длин пролетов</u>	20
<u>1.4 Разработка плана контактной сети</u>	24
<u>1.5 Механический расчет анкерного участка полукомпенсированной цепной подвески</u>	28
<u>1.6 Выводы по разделу</u>	37
<u>2 Разработка трехмерной модели металлических швеллерных опор</u>	40
<u>2.1 Создание трехмерной модели стойки</u>	40
<u>2.2 Измерение параметров сечения стойки</u> . Ошибка! Закладка не определена.	
<u>2.3 Выводы по разделу</u>	Ошибка! Закладка не определена.
<u>3 Расчет эксплуатационных расходов на содержание участка контактной сети</u>	44
<u>3.1 Определение затрат на зарплату для сотрудников участка контактной сети</u>	44
<u>3.2 Определение затрат на заработную плату работников ремонтно-ревизионного участка</u>	51
<u>3.3 Определение расходов на капитальный ремонт контактной сети</u>	51
<u>3.4 Вывод по разделу</u>	55
<u>4 Безопасность жизнедеятельности</u>	Ошибка! Закладка не определена.
<u>4.1 Безопасность труда при установке опор контактной сети</u> Ошибка! Закладка не определена.	
<u>4.2 Экспертиза дипломного проекта на соответствие требований безопасности жизнедеятельности</u>	Ошибка! Закладка не определена.

<u>4.3 Вывод по разделу</u>	Ошибка! Закладка не определена.
<u>Заключение</u>	77
<u>Список использованных источников</u>	79
<u>Приложение А – Пикетаж основных объектов перегона, структурная схема станции и схема питания секционирования</u>	81
<u>Приложение Б – Расчет и выбор опор, выбор консолей и фиксаторов контактной сети</u>	83
<u>Приложение В – Создание трехмерной модели стойки, крановая установка КЖТЭ 16</u>	89

ВВЕДЕНИЕ

Россия – одна из крупнейших стран мира. Площадь нашей страны составляет 17 125 191 км². Одним из самых распространённых видов транспорта в нашей стране является железнодорожный транспорт. Общая протяжённость эксплуатационной длины железнодорожных путей в России составляет 124 тыс. км. Россия занимает 2-е место по общей протяжённости железнодорожных путей и 1-ое место – по протяженности электрифицированных дорог. В данный момент электрифицировано 37% (43 тыс. км). Электрификация железных дорог классифицируется по виду контактной сети, по напряжению и по роду тока: переменный и постоянный.

Контактная сеть – ключевой элемент электрифицированных железных дорог. От надёжной работы контактной сети зависит безопасность пассажироперевозок и экономические аспекты грузоперевозок.

Надёжность контактной сети в первую очередь зависит от ее правильного проектирования. Приведенные экономические расходы на эксплуатацию контактной сети зависят от правильности ее проектирования, правильного выбора оборудования и др.

Также, напрямую, на надёжность контактной сети, в целом, играет важность каждого элемента контактной подвески. Так, например, консольный изолятор, применяемый для изоляции консоли контактной подвески. Механическая и электрическая прочность изолятора напрямую влияет на надёжность токосъёма, а также на безопасность рабочего персонала, производящих технологические операции на устройствах контактной сети.

Цель данного дипломного проекта – создать проект участка контактной сети, отвечающий всем требованиям надёжности и безопасности эксплуатации, а также экономически целесообразный, с точки зрения эксплуатации. Для этого необходимо выполнить следующие задачи:

1) Спроектировать участок контактной сети переменного тока в соответствии с требуемыми правилами и нормами, и применением современного оборудования;

2) Определить основные характеристики консольных изоляторов, применяемых на данном участке контактной сети;

3) Провести экономических расчет эксплуатационных расходов на содержание данного участка контактной сети;

4) Разобрать основные моменты безопасности жизнедеятельности, касающиеся работы на данном участке контактной сети.

Выбор соответствующих вариантов при решении отдельных вопросов проектирования будет осуществлен с учетом экономической целесообразности их практического применения.

1 Проект участка контактной сети переменного тока

1.1 Исходные данные проекта

Исходные данные для проведения основных расчетов приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Исходные данные к дипломному проекту

Род тока	Постоянный
Тип подвески на главных путях станции и перегоне	М120 + МФ100
Тип подвески на боковых путях станции	М-95 + МФ100
Климатический район	Іб
Гололедный район	ІІ
Ветровой район	І

Характеристики проводов на станции и перегоне приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристики проводов на станции и перегоне

Провод М120	
1	2
Расчетная площадь сечения S_H , м ²	0,000117
Диаметр d , м	0,014
Линейная плотность, кг/м	1,058
Номинальное натяжение, Н	17600
Допустимое натяжение, Н	19600
Температурный коэффициент линейного расширения 1/°С	0,000017
Модуль упругости E , Па	127500000
Провод МФ100	
Расчетная площадь сечения S_H , м ²	0,0001
Диаметр d , м	0,0123
Линейная плотность, кг/м	0,89
Номинальное натяжение, Н	9700
Допустимое натяжение, Н	11700
Температурный коэффициент линейного расширения 1/°С	0,000017
Модуль упругости E , Па	127500000

Окончание таблицы 1.2

1	2
Провод М-95	
Расчетная площадь сечения S_H , м ²	0,000094
Диаметр d , м	0,0126
Линейная плотность, кг/м	0,85
Номинальное натяжение, Н	14200
Допустимое натяжение, Н	15700
Температурный коэффициент линейного расширения 1/°С	0,000017
Модуль упругости E , Па	127500000

Характеристики ветровых и гололедных районов приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Характеристики ветровых и гололедных районов

t_{MIN} , °С	-47	
t_{MAX} , °С	38	
V_H , м/с	20,6	
b_H , м	0,01	
Участок пути	Коэффициент гололеда	Коэффициент ветра
Станция	0,75	0,75
Перегон равнина	1	1
Перегон насыпь	1,25	1,25

Пикетаж основных объектов перегона проектируемого участка приведен в таблице А.1. Структурная схема станции приведена на рисунке А.1.

1.2 Расчет нагрузок на провода контактной сети

1.2.1 Нагрузка от собственного веса провода

Нагрузка от собственного веса провода рассчитывается по формуле (1.1):

$$g = 9,81 \times M_{1M}, \quad (1.1)$$

где M_{1M} – масса одного погонного метра провода.

Нагрузка от собственного веса одного метра контактной подвески определяется из выражения (1.2):

$$q = g = g_{\text{н}} + (g_{\text{к}} + g_{\text{с}}) \cdot n, \quad (1.2)$$

- где $g_{\text{н}}$ – нагрузка от собственного веса несущего троса, Н/м;
 $g_{\text{к}}$ – то же, но от контактного провода, Н/м;
 $g_{\text{с}}$ – то же от струн и зажимов, $g_{\text{с}} = 1$ Н/м;
 n – число контактных проводов.

На главном пути:

$$g_{\text{к}} = 9,81 \cdot 0,89 = 8,73 \text{ Н/м};$$

$$g_{\text{н}} = 9,81 \cdot 1,058 = 10,38 \text{ Н/м};$$

$$g = 10,38 + 1 \cdot (8,73 + 1) = 20,11 \text{ Н/м};$$

На боковом пути:

$$g_{\text{к}} = 9,81 \cdot 0,89 = 8,73 \text{ Н/м};$$

$$g_{\text{н}} = 9,81 \cdot 0,85 = 8,34 \text{ Н/м};$$

$$g = 8,34 + 1 \cdot (8,73 + 1) = 18,07 \text{ Н/м};$$

Для провода ДПР:

$$g_{\text{ДПР}} = 9,81 \cdot 0,194 = 1,90 \text{ Н/м}.$$

1.2.2 Гололедные нагрузки

Гололедные нагрузки рассчитываются по формуле (1.3):

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

- где b_{Γ} – расчетная толщина гололедного слоя, м; $b_{\Gamma} = b_{\text{Н}} \cdot k_{\Gamma}$, для контактного провода $b_{\Gamma} = (b_{\Gamma} / 2) \cdot k_{\text{Н}}$;
- $b_{\text{Н}}$ – нормативная толщина гололедного слоя с повторяемостью не реже одного раза в 10 лет, м;
- k_{Γ} – коэффициент, учитывающий диаметр и высоту подвешивания провода (на станции $k_{\Gamma} = 0,75$; на перегоне $k_{\Gamma} = 1$; на насыпи $k_{\Gamma} = 1,25$);
- d – диаметр провода, м.

Вес гололеда на КП определяется с учетом удаления его эксплуатационным персоналом и токоприемниками и уменьшается на 50%. Вес гололеда на струнах не учитывается.

Расчетный диаметр КП рассчитывается по формуле (1.4):

$$d_{\text{CP}} = \frac{(H + A)}{2}, \quad (1.4)$$

где H и A – высота и ширина сечения КП соответственно, м.

Для КП главного и бокового путей:

$$d_{\text{CP}} = \frac{(0,0123 + 0,0123)}{2} = 0,0123 \text{ м.}$$

Суммарный вес метра контактной подвески с учетом гололеда определяется по формуле (1.5):

$$q = g_{\Gamma} = g_{\text{Н}} + g_{\text{НГ}} + (g_{\text{К}} + 1) \cdot n + g_{\text{КГ}} \cdot n, \quad (1.5)$$

где $g_{\text{НГ}}$ – вес гололеда на НГ, Н/м;
 $g_{\text{КГ}}$ – вес гололеда на КП, Н/м.

Определим нагрузки на провода КС на главном пути станции:

$$b_{\text{НГ}} = 0,75 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,0075 \text{ м};$$

$$g_{\text{НГ}} = 27,7 \cdot 0,0075 \cdot (0,014 + 0,0075) \cdot 10^3 = 4,47 \text{ Н/м};$$

$$b_{\text{ГК}} = \frac{0,75 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,00375 \text{ м};$$

$$g_{\text{ГК}} = 27,7 \cdot 0,00375 \cdot (0,0123 + 0,00375) \cdot 10^3 = 1,68 \text{ Н/м};$$

$$g_{\Gamma} = 4,47 + 1,68 + 20,11 = 26,24 \text{ Н/м};$$

Определим нагрузки на провода КС на боковом пути станции:

$$b_{\text{НГ}} = 0,75 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,0075 \text{ м};$$

$$g_{\text{НГ}} = 27,7 \cdot 0,0075 \cdot (0,0126 + 0,0075) \cdot 10^3 = 4,18 \text{ Н/м};$$

$$b_{\text{ГК}} = \frac{0,75 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,00375 \text{ м};$$

$$g_{\text{ГК}} = 27,7 \cdot 0,00375 \cdot (0,0123 + 0,00375) \cdot 10^3 = 1,67 \text{ Н/м};$$

$$g_{\Gamma} = 18,07 + 1,67 \cdot 1 + 4,18 = 23,91 \text{ Н/м}.$$

Определим нагрузки на провода КС на перегоне:

$$b_{\Gamma H} = 1 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,001 \text{ м};$$

$$g_{\Gamma H} = 27,7 \cdot 0,01 \cdot (0,0123 + 0,01) \cdot 10^3 = 6,65 \text{ Н/м};$$

$$b_{\Gamma K} = \frac{1 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,005 \text{ м};$$

$$g_{\Gamma K} = 27,7 \cdot 0,005 \cdot (0,014 + 0,005) \cdot 10^3 = 2,4 \text{ Н/м};$$

$$g_{\Gamma} = 6,65 + 2,4 + 21,11 = 29,15 \text{ Н/м}.$$

Определим нагрузки на провода КС на насыпи:

$$b_{\Gamma H} = 1,25 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,0125 \text{ м};$$

$$g_{\Gamma H} = 27,7 \cdot 0,0125 \cdot (0,014 + 0,0125) \cdot 10^3 = 9,18 \text{ Н/м};$$

$$b_{\Gamma K} = \frac{1,25 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,00625 \text{ м};$$

$$g_{\Gamma K} = 27,7 \cdot 0,00625 \cdot (0,0123 + 0,00625) \cdot 10^3 = 3,21 \text{ Н/м};$$

$$g_{\Gamma} = 9,18 + 3,21 + 20,11 = 32,5 \text{ Н/м}.$$

1.2.3 Ветровые нагрузки

Ветровая нагрузка на провод без гололеда рассчитывается по формуле (1.6):

$$p = 0,615 \cdot v_p^2 \cdot c_x \cdot d, \quad (1.6)$$

- где v_p – расчетная скорость ветра, м/с;
 c_x – аэродинамический коэффициент, для одиночного провода $c_x = 1,25$;
 d – диаметр провода, м.

Ветровая нагрузка при наличии гололеда определяется по формуле (1.7):

$$p = 0,615(k_B \cdot v_{\Gamma})^2 \cdot c_X (d + 2b_{\Gamma}), \quad (1.7)$$

где v_{Γ} – расчетная скорость ветра при гололеде, м/с;
 k_B – коэффициент, учитывающий высоту подвешивания провода на станции $k_B=0,9$; на перегоне $k_B=1$; на насыпи $k_B=1,25$.

По формулам (1.6) и (1.7) приведем расчет нагрузок на провода КС на главном пути станции:

$$p_H = 0,615 \cdot 20,6^2 \cdot 1,25 \cdot 0,014 = 2,57 \text{ Н/м};$$

$$p_K = 0,615 \cdot 20,6^2 \cdot 1,25 \cdot 0,0123 = 2,26 \text{ Н/м};$$

$$p_{\Gamma H} = 0,615 \cdot 20,6^2 \cdot 1,25 \cdot (0,014 + 2 \cdot 0,0075) = 1,92 \text{ Н/м};$$

$$p_{\Gamma K} = 0,615 \cdot 20,6^2 \cdot 1,25 \cdot (0,0123 + 2 \cdot 0,00375) = 1,31 \text{ Н/м}.$$

Аналогичные расчет проведем для боковых путей станции, перегона и насыпи. Результаты сведем в таблицу 1.4.

1.2.4 Результирующие нагрузки

Результирующая нагрузка на несущий трос определяется без учета ветровой нагрузки на контактный провод, т.к. ее основная часть воспринимается фиксаторами.

При воздействии ветра, по формуле (1.8):

$$q_B = \sqrt{g^2 + p_H^2}, \quad (1.8)$$

При совместном воздействии гололеда с ветром, по формуле (1.9):

$$q_{ГН} = \sqrt{g_{Г}^2 + p_{ГН}^2}, \quad (1.9)$$

По формулам (1.8) и (1.9) проведем расчет нагрузок на провода КС на главном пути станции:

$$q_{В} = \sqrt{20,11^2 + 2,57^2} = 20,27 \text{ Н/м};$$

$$q_{ГН} = \sqrt{37,64^2 + 1,92^2} = 26,31 \text{ Н/м}.$$

Для остальных подвесок, нагрузки рассчитываются в *Microsoft Office Excel* и сведены в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Результаты расчета нагрузок

Параметр	Обозначение	Численные значения параметра			
		Главный путь	Боковой путь	Перегон	Насыпь (не более 5 м)
1	2	3	4	5	6
Собственные веса проводов					
Собственный вес КП, Н/м	$g_{К}$	8,73	8,73	8,73	8,73
Собственный вес НТ, Н/м	$g_{Н}$	10,38	8,34	10,38	10,38
Собственный вес провода ПЭ, Н/м	$g_{ПЭ}$	1,90	1,90	1,90	1,90
Нагрузки от гололеда на провода					
Нагрузка от гололеда на КП, Н/м	$g_{ГК}$	1,67	1,67	2,4	3,21
Нагрузка от гололеда на НТ, Н/м	$g_{ГН}$	4,47	4,18	6,65	9,18

Окончание таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Ветровые нагрузки на провода					
Ветровая нагрузка на КП без гололеда, Н/м	p_k	2,26	2,26	4,01	6,27
Ветровая нагрузка на КП с гололедом, Н/м	$p_{гк}$	1,31	1,31	2,62	4,55
Ветровая нагрузка на НТ без гололеда, Н/м	p_H	2,57	2,31	4,57	7,14
Ветровая нагрузка на НТ с гололедом, Н/м	$p_{гн}$	1,92	1,82	3,99	7,16
Результирующие нагрузки на НТ					
Собственный вес подвески, Н/м	g	20,11	18,07	20,11	20,11
Вес подвески с гололедом, Н/м	$g_{г}$	26,24	23,91	29,15	32,5
При ветре максимальной интенсивности без гололеда, Н/м	q_B	20,27	18,22	20,62	21,34
При ветре максимальной интенсивности с гололедом, Н/м	$q_{гн}$	26,31	23,98	29,43	33,28

1.3 Расчет допустимых длин пролетов

1.3.1 Расчет натяжений проводов

Натяжение проводов контактной сети на данном этапе выполнения проекта принимается предварительно и будет уточняться при предварительном расчете и представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Натяжения проводов

Провод	$T_{\text{доп}} \setminus K_{\text{доп}}$, Н	T_B , Н	T_o , Н
М-120 станция	9700	15876	15680
М-120 перегон	9700	19600	19600
М-95 боковые пути	9700	13502	13345

1.3.2 Определение допустимых длин пролетов

Максимальная допустимая длина пролета на прямом участке пути определяется по формуле (1.10):

$$L_{\text{max}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{K \cdot B_{\text{пр}}}{p_K - p_{\text{Э}}}}, \quad (1.10)$$

- где K – натяжение КП, Н;
 p_K – ветровая нагрузка на КП, Н/м;
 $p_{\text{Э}}$ – эквивалентная нагрузка на контактный провод от НТ, Н/м.

$$B_{\text{пр}} = b_{\text{кдп}} - \frac{a_1 \pm a_2}{2} - \gamma_K + \sqrt{\left(b_{\text{кдп}} - \frac{a_1 \pm a_2}{2} - \gamma_K\right)^2 - a^2}, \quad (1.11)$$

- где $b_{\text{кдп}}$ – допустимое отклонение КП от оси пути равно 0,5м;
 a_1, a_2 – зигзаги КП на смежных опорах, м;

γ_k – прогиб опоры на уровне КП под действием ветра, м.

Максимальная допустимая длина пролета на кривом участке пути определяется по формуле (1.12):

$$L_{max} = 2 \sqrt{\frac{K \cdot B_{\text{ПР}}}{p_k - p_{\text{Э}} + \frac{K}{R}}}, \quad (1.12)$$

где K – натяжение КП, Н;
 p_k – ветровая нагрузка на КП, Н/м;
 $p_{\text{Э}}$ – эквивалентная нагрузка на контактный провод от НТ, Н/м
 R – радиус кривой, м.

$$p_{\text{Э}} = \frac{p_k T_b - p_n K - \frac{8KT_b}{L^2} \left(\frac{h_n p_n}{q_n} + \gamma_n - \gamma_k \right)}{T_b + K + \frac{10,6 \cdot l_{\text{cp}} \cdot KT_b}{g_k \cdot L^2}}, \quad (1.13)$$

где L – длина пролета, м;
 γ_n – прогиб опоры на уровне НТ под действием ветра, м;
 l_{cp} – средняя длина струны в середине пролета, м.

$$l_{\text{cp}} = h_0 - \frac{0,115 \cdot gL^2}{T_0}, \quad (1.14)$$

где h_0 – конструктивная высота подвески равная 1,8 м при одном контактном проводе, 2 м – при двух.

Первоначально принимая $P_3=0$ проведем расчет допустимой длины пролета для главного пути станции методом постоянного приближения. Определим постоянные многочлены, встречающиеся в формулах 1.10, 1.11, 1.14, 1.15.

Для главного пути станции при $P_3=0$:

$$B_{\text{пр}} = 0,5 - 0,005 + \sqrt{(0,5 - 0,005)^2 - 0,3^2} = 0,889;$$

$$L = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 9700 \cdot 0,889}{2,26 - 0}} = 123,6 \text{ м};$$

$$l_{\text{ср}} = 1,8 - \frac{0,115 \cdot 20,11 \cdot 123,6^2}{15680} = -0,45 \text{ м}.$$

Так как $l_{\text{ср}}$ получилось отрицательное и по модулю больше 0,5, то подставим на место L не L_{max} а число меньше, например 94 м.

$$l_{\text{ср}} = 1,8 - \frac{0,115 \cdot 20,11 \cdot 94^2}{15680} = 0,497 \text{ м};$$

$$P_3 = \frac{2,26 \cdot 15876 - 2,57 \cdot 9700 \cdot 2 - 8 \cdot 9700 \cdot 2 \cdot 15876}{15876 + 9700 \cdot 2 + 10,6 \cdot 0,497} \cdot \frac{(0,73 \cdot 2,57 / 20,27 + 0,01 - 0,005) \cdot 94^2}{\cdot 15876 \cdot 9700 / (8,73 \cdot 94^2)} = -0,73 \text{ Н/м};$$

$$L_{\text{max}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{9700 \cdot 2 \cdot 0,889}{2,26 - (-0,73)}} = 151,9 \text{ м}.$$

Т.к. максимальная длина отличается от предыдущей рассчитанной более чем на 5 м, то пересчитываем по этим формулам, пока не будет разница менее 5 м.

Теперь подставим в формулу $L=98$ м

$$l_{cp} = 1,8 - \frac{0,115 \cdot 20,11 \cdot 98^2}{15680} = 0,384 \text{ м};$$

$$p_{\Sigma} = \frac{2,26 \cdot 15876 - 2,57 \cdot 9700 \cdot 2 - 8 \cdot 9700 \cdot 2 \cdot 15876}{15876 + 9700 \cdot 2 + 10,6 \cdot 0,384} \cdot$$

$$\cdot \frac{(0,73 \cdot 2,57 / 20,27 + 0,01 - 0,005) \cdot 98^2}{\cdot 15876 \cdot 9700 / (8,73 \cdot 98^2)} = -0,777 \text{ Н/м};$$

$$L_{max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{9700 \cdot 2 \cdot 0,889}{2,26 - (-0,777)}} = 150,8 \text{ м};$$

Результат расчета длины пролета принимаем за расчетный, учитывая, что он не может превышать 70 метров и быть меньше, чем 35 метров. Допустимые длины пролетов для остальных участков пути рассчитываются в *Microsoft Office Excel* и сведены в таблицу 1.6.

Таблица 1.6 – Результаты расчетов длин пролетов

Объект	Участок пути		Зигзаг, м	Пролет, м
	Участок	Радиус		
Станция	Главный		0,3	70
	Горловина Г	500	0,4	55
	Боковой		0,3	70
Перегон	Горловина Б		0,4	54,69
	Прямой		0,3	70
	Кривой	600	0,4	56
	Кривой	850	0,4	64
Насыпь	Кривой	1000	0,4	68
	Прямой		0,3	70
	Кривой	600	0,4	53
	Кривой	850	0,4	60
	Кривой	1000	0,4	63

1.4 Разработка плана контактной сети

1.4.1 Схема питания и секционирования контактной сети

Схемы питания и секционирования контактной сети должны обеспечивать:

- возможно меньшие потери напряжения и электроэнергии в сети при нормальном режиме работы электрифицированного участка.
- минимальное нарушение графика движения поездов при отказе или выводе из работы какой-либо секции.

Схема секционирования контактной сети должна иметь возможно меньше количество секционных изоляторов и разъединителей. В ней предусматривается продольное и поперечное секционирование и секционирование с обязательным заземлением в отдельных местах отключаемой секции.

Секционирование контактной сети осуществляется изолированным сопряжением и секционными изоляторами. Станция от перегона отделяется изолированными сопряжениями. В качестве коммутирующих устройств применяются секционные разъединители с моторным приводом.

Схема питания и секционирования для заданного варианта приведена в приложении А. На тяговой подстанции установлены Φ_C , Φ_1 , Φ_2 , $\Phi_{Л1}$, $\Phi_{Л2}$. Станцию запитываем от тяговой подстанции через Φ_1 , Φ_2 правый перегон через $\Phi_{Л2}$, а левый перегон через $\Phi_{Л1}$. Изолирование секций контактной сети на станции реализуют секционные изоляторы СИ, а электрическое соединение первого и третьего пути осуществляется через Π_{1-3} , второго и четвертого через Π_{1-2} , тупики запитываем через включенные разъединители с заземляющими ножами З. Все разъединители управляются по телеуправлению, кроме разъединителей с заземляющими ножами. [1]

1.4.2 План контактной сети станции

При разработке плана контактной сети станции выполняем:

подготовку плана станции;

1. наметку мест фиксации контактных проводов;
2. расстановку опор в горловине станции;
3. расстановку опор в середине станции;
4. расстановку опор по концам станции;
5. расстановку зигзагов
6. трассировку анкерных участков на станции
7. трассировку питающих линий;
8. выбор поддерживающих и опорных конструкций.

План станции выполняется на миллиметровой бумаге в масштабе 1:1000.

Разбивку опор начинают с горловины станции. В местах расположения фиксирующих устройств воздушных стрелок у главных путей устанавливаем несущие опоры с консолями или гибкими поперечинами. Для фиксации воздушных стрелок на боковых путях можно устанавливать фиксирующие опоры.

Размещение опор по концам станции осуществляется одновременно с составлением плана изолирующего сопряжения и нейтральной вставки.

В местах средней анкеровки пролет уменьшаем на 10% по отношению к максимальному. В переходных пролетах изолирующих сопряжений, длину пролета уменьшаем на 25% от максимальной.

На каждом пути станции предусматривается отдельный анкерный участок с двумя анкеровками контактного провода и несущего троса, оборудованными компенсаторами, и средними анкеровками. На станции каждый путь выделяется в отдельный анкерный участок, на главных путях – 2 анкерных участка, т.к. длина главных путей более 1600 метров.

Расстановка зигзагов осуществляется с горловин станции, где прежде всего указывается их направление в местах фиксации стрелок.

Воздушные питающие и отсасывающие линии подвешиваются на опорах, в исключительных случаях – на самостоятельных опорах.

Поддерживающие конструкции выбираются без расчета по назначению и условиям работы. Жесткие поперечины применяются типа РЦ. Консоли: НР.

Все опоры нумеруются в направлении по ходу счета километров начиная с первой, которая идет после входного сигнала на станцию, заканчивая выходным светофором – в конце станции.

Разработка плана контактной сети станции заканчивается составлением таблиц: анкерных участков, опор, жестких поперечин, консолей, фиксаторов, которая представлена в таблицах 1.7 и 1.8. План контактной сети станции представлен в демонстрационно-графической части Лист 1.

Таблица 1.7 – Элементы сборных конструкций

Наименование	Количество	Наименование	Количество
МКГА 10-100	62	ОРЦ 360-25,26	10
МКГ 10-60	8	ОРЦ 480 – 36,66	5
ТСА-4,5-4	13	РЦ 825 – 55,6	1
РЦ180 – 16,92	8	РЦ180 – 30,26	6

Таблица 1.8 – Оборудование, материалы, консолей

Оборудование	Количество	Оборудование	Количество
ОПН	7	ФПИ – 1	4
ИТС-2п	4	ФГ – 1	154
ИТР – 2	3	ФПИ – 2	3
ФОИ – 3		4	

1.4.3 План контактной сети перегона

При разработке плана контактной сети перегона выполняем:

1. подготовку плана перегона;
2. предварительную разбивку перегона на анкерные участки;
3. расстановку опор;
4. выбор опорных и поддерживающих конструкций.

На перегоне имеем 3 анкерных участка, соединенные между собой неизолированными сопряжениями. Пролеты со средней анкерровкой уменьшаем на 5% исходя из того, что на перегоне компенсированная цепная подвеска. Опоры расставляем по максимальной длине пролета. В таблице 1.9 спецификация оборудования, материалов, консолей, элементов сборных конструкций для перегона. В таблице 1.10 представлена спецификация сборных конструкций. План контактной сети перегона представлен в демонстрационно-графической части Лист 2.

Таблица 1.9 – Оборудование, материалы, консолей

Наименование	Количество
МКГ 10-60	74
МКГА 10-100	28

Таблица 1.10 – Элементы сборных конструкций

Оборудование	Количество	Оборудование	Количество
ОПН	12	ФГ 1	30
ИТР – 2	24	ФП – 1	24
ИТС – 2	24	ФО – 2	38
ИТС – 2п			46

1.5 Механический расчет анкерного участка полукомпенсированной цепной подвески

Для расчета выбираем анкерный участок главного пути станции. Основной целью механического расчета цепной подвески является составление монтажных кривых.

Определяется эквивалентный пролет по формуле (1.16):

$$L_{\text{э}} = \sqrt{\sum \frac{L_i^3}{L_a}} \quad (1.16)$$

где L_i – длина 1-го пролета, м;
 L_a – длина анкерного участка, м.

Устанавливается исходный режим, при котором возможно наибольшее натяжение несущего троса.

Определяется критический пролет по формуле (1.17):

$$L_{\text{кр}} = Z_{\text{max}} \sqrt{\frac{24\alpha(t_{\text{г}} - t_{\text{min}})}{W_{\text{г}}^2 - W_{\text{min}}^2}} \quad (1.17)$$

где Z_{max} – максимальное приведенное натяжение подвески, Н;
 $W_{\text{г}}, W_{\text{min}}$ – приведенные линейные нагрузки на подвеску, соответственно, при гололеде с ветром и при минимальной температуре, Н/м;
 α – температурный коэф. линейного расширения материала Н.Т., $1/^\circ\text{C}$.

Приведенные величины Z_x и W_x для режима X и эквивалентного пролета вычисляется по формулам (1.18) и (1.19):

$$Z_x = T_x + \varphi_x K \quad (1.18)$$

$$W_x = q_x \left(1 + \frac{g\varphi_x K}{g_x T_0} \right) \quad (1.19)$$

- где g_x, q_x – соответственно, вертикальная и результирующая нагрузка на несущий трос в режиме X, Н/М;
 K – двойное натяжение К.П., Н;
 T_0 – натяжение НТ при беспровесном положении контактного провода, Н;
 φ_x – конструктивный коэф. цепной подвески, определяемый по формуле 1.20.

$$\varphi_x = \frac{\lambda}{1 + (1 - \lambda) \frac{K}{T_x}} \quad (1.20)$$

$$\lambda = \frac{(L_{\text{э}} - 2C)^2}{L_{\text{э}}^2} \quad (1.21)$$

- где C – расстояние от оси опоры до первой струны, в эквивалентном пролете, равное 8 м.

Температура беспровесного состояния контактного провода определяется по формуле (1.22):

$$t_0 = t_{\text{CP}} - t' \quad (1.22)$$

- где t_{CP} – среднегодовая температура района, °С;
 t' – коррекция на отжатие контактного провода токоприемником в середине пролета, при одном КП $t' \approx 20-25$ °С.

Натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода определяется при условии, когда $f = 0$ по формулам (1.23 – 1.25).

$$t_0 = A_1 + \frac{B_0}{T_0^2} - \frac{T_0}{\alpha ES} \quad (1.23)$$

$$A_1 = t_1 - \frac{q_1^2 L_{\Sigma}^2}{24 \cdot \alpha \cdot T_{max}^2} + \frac{T_{max}}{\alpha ES} \quad (1.24)$$

$$B_0 = \frac{q_0^2 \cdot L_{\Sigma}^2}{24\alpha} \quad (1.25)$$

Величины с индексом 1 относятся к режиму максимального натяжения несущего троса.

Произведем расчет анкерного участка с нагруженным проводом:

$$L_{\Sigma} = \sqrt{\frac{70^3 \cdot 10 + 55^3 \cdot 5 + 54^3 \cdot 3 + 41^3 + 53^3 + 45^3 + 52^3 \cdot 2 + 44^3 + 58^3}{70 \cdot 10 + 55 \cdot 5 + 54 \cdot 3 + 41 + 53 + 45 + 52 \cdot 2 + 44 + 58}} = 61,5 \text{ м};$$

$$\lambda = \frac{(61,5 - 2 \cdot 8)^2}{61,5^2} = 0,547;$$

$$\varphi_1 = \frac{0,547}{1 + (1 - 0,547) \frac{9700 \cdot 1}{19600}} = 0,447;$$

$$Z_1 = 19600 + 0,447 \cdot (2 \cdot 9700) = 23937,7 \text{ Н};$$

$$W_{min} = 20,11 \cdot \left(1 + \frac{0,447 \cdot 9700 \cdot 2}{15680} \right) = 22,34 \text{ Н/м};$$

$$W_{\Gamma} = 26,31 \cdot \left(1 + \frac{20,11 \cdot 9700 \cdot 1 \cdot 0,447}{26,24 \cdot 15680} \right) = 27,52 \text{ Н/м};$$

$$L_{кр} = 23937,7 \cdot \sqrt{\frac{24 \cdot 17 \cdot 10^{-6} (-5 - (-47))}{27,52^2 - 22,34^2}} = 194,98 \text{ м}.$$

Т.к. в результате расчетов критический пролет получился больше эквивалентного пролета, для дальнейших расчетов принимается режим минимальных температур.

Определим значение натяжения несущего троса при беспровесном положении контактного провода:

$$t_0 = \frac{-47 + 38}{2} - 20,5 \approx -25 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$A_1 = -47 - \frac{20,11^2 \cdot 61,5^2}{24 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 19600^2} + \frac{19600}{17 \cdot 10^{-6} \cdot 127,5 \cdot 10^9 \cdot 117 \cdot 10^{-6}} = 20,53;$$

$$B_0 = \frac{20,11^2 \cdot 61,5^2}{24 \cdot 17 \cdot 10^{-6}} = 37,49 \cdot 10^8;$$

$$T_0 = 15335 \text{ Н};$$

$$t_0 = 20,5 + \frac{37,49 \cdot 10^8}{15335^2} - \frac{15335}{17 \cdot 10^{-6} \cdot 127,5 \cdot 10^9 \cdot 117 \cdot 10^{-6}} = -25 \text{ }^\circ\text{C};$$

Определим значение натяжения несущего троса в режиме гололеда с ветром при температуре - 5°С:

$$A_\Gamma = -25 - \frac{26,24^2 \cdot 61,5^2}{24 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 19600^2} + \frac{19600}{17 \cdot 10^{-6} \cdot 127,5 \cdot 10^9 \cdot 117 \cdot 10^{-6}} = 35,67;$$

$$B_\Gamma = \frac{26,31^2 \cdot 61,5^2}{24 \cdot 17 \cdot 10^{-6}} = 64,17 \cdot 10^8;$$

$$T_\Gamma = 16541 \text{ Н};$$

$$t_\Gamma = 35,7 + \frac{64,17 \cdot 10^8}{16541^2} - \frac{16541}{17 \cdot 10^{-6} \cdot 127,5 \cdot 10^9 \cdot 117 \cdot 10^{-6}} = -5 \text{ }^\circ\text{C};$$

Определим значение натяжения разгруженного несущего троса:

$$A_p = -25 - \frac{20,11^2 \cdot 61,5^2}{24 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 17914^2} + \frac{17914}{17 \cdot 10^{-6} \cdot 127,5 \cdot 10^9 \cdot 117 \cdot 10^{-6}} = 19,53;$$

$$B_p = \frac{10,38^2 \cdot 61,5^2}{24 \cdot 17 \cdot 10^{-6}} = 9,988 \cdot 10^8;$$

$$T_p = 17914 \text{ Н};$$

$$t_p = 20,53 + \frac{9,988 \cdot 10^8}{17914^2} - \frac{17914}{17 \cdot 10^{-6} \cdot 127,5 \cdot 10^9 \cdot 117 \cdot 10^{-6}} = -47 \text{ }^\circ\text{C};$$

Определим значение натяжения нагруженного несущего троса

$$A_H = -47 - \frac{20,11^2 \cdot 61,5^2}{24 \cdot 17 \cdot 10^{-6} \cdot 19600^2} + \frac{19600}{17 \cdot 10^{-6} \cdot 127,5 \cdot 10^9 \cdot 117 \cdot 10^{-6}} = 20,53;$$

$$B_H = \frac{20,11^2 \cdot 61,5^2}{24 \cdot 17 \cdot 10^{-6}} = 37,49 \cdot 10^8;$$

$$T_H = 19600 \text{ Н};$$

$$t_H = 20,5 + \frac{37,49 \cdot 10^8}{19600^2} - \frac{19600}{17 \cdot 10^{-6} \cdot 127,5 \cdot 10^9 \cdot 117 \cdot 10^{-6}} = -47 \text{ }^\circ\text{C};$$

Определим стрелу провеса нагруженного несущего троса при минимальной температуре в максимальном пролете.

$$\lambda = \frac{(70 - 2 \cdot 8)^2}{70^2} = 0,595;$$

$$\varphi_1 = \frac{0,595}{1 + (1 - 0,595) \frac{9700 \cdot 1}{19600}} = 0,496;$$

$$Z_1 = 19600 + 9700 \cdot 1 \cdot 0,496 = 24408,9 \text{ Н}.$$

Приведенное натяжение подвески при отсутствии дополнительных нагрузок (гололед, ветер):

$$W_{min} = 20,11 \cdot \left(1 + \frac{0,496 \cdot 1 \cdot 9700}{19600} \right) = 25,04 \text{ Н/м}.$$

Стрела провеса

$$F = \frac{25,04 \cdot 70^2}{8 \cdot 24408,9} = 0,628.$$

Определим стрелу провеса контактного провода для максимального пролета $L=20$ м:

$$F_0 = \frac{20,11 \cdot 70^2}{8 \cdot 15335} = 0,803;$$

$$f = 0,496 \cdot (0,628 - 0,803) = -0,0866.$$

Натяжение и стрелы провеса проводов в зависимости от температуры для нагруженного и разгруженного несущего троса рассчитывается в *Microsoft Office Excel*. Результаты расчетов приведены в таблицах 1.11 – 1.14. Для наглядности представлены рисунки 1.2 – 1.4.

Таблица 1.11 – Стрелы провеса разгруженного несущего троса

$t_x, ^\circ\text{C}$	T_x, H	$F_{p1(70\text{м})}, \text{M}$	$F_{p2(61,5\text{м})}, \text{M}$	$F_{p3(41\text{м})}, \text{M}$
1	2	3	4	5
-47	17914	0,35	0,23	0,13
-41	16531	0,38	0,25	0,14
-36	15403	0,41	0,27	0,15
-31	14305	0,44	0,29	0,16
-25	13036	0,49	0,32	0,18
-20	12029	0,53	0,35	0,19
-15	11075	0,57	0,38	0,21
-10	10184	0,62	0,41	0,22

Окончание таблицы 1.11

1	2	3	4	5
-5	9363	0,68	0,45	0,24
0	8617	0,74	0,48	0,27
5	7948	0,80	0,52	0,29
10	7354	0,86	0,57	0,31

15	6831	0,93	0,61	0,34
20	6372	1,00	0,65	0,36
25	5971	1,06	0,70	0,38
30	5619	1,13	0,74	0,41
34	5369	1,18	0,78	0,43
38	5144	1,24	0,81	0,44

Таблица 1.12 – Стрелы провеса нагруженного несущего троса

$t_x, ^\circ C$	T_x, H	$F_{p1(70M)}, M$	$F_{p2(61,5M)}, M$	$F_{p3(41M)}, M$
-47	19600	0,63	0,41	0,23
-41	18409	0,67	0,44	0,24
-36	17456	0,71	0,46	0,25
-31	16542	0,74	0,49	0,27
-25	15502	0,79	0,52	0,29
-20	14686	0,84	0,55	0,30
-15	13918	0,88	0,58	0,32
-10	13199	0,93	0,61	0,34
-5	12530	0,98	0,64	0,35
0	11909	1,03	0,68	0,37
5	11336	1,09	0,71	0,39
10	10808	1,14	0,75	0,41
15	10323	1,19	0,78	0,43
20	9878	1,25	0,82	0,45
25	9469	1,30	0,85	0,47
30	9094	1,35	0,89	0,49
34	8816	1,40	0,92	0,50
38	8556	1,44	0,94	0,52

Таблица 1.13 – Стрелы провеса контактного провода

$t_x, ^\circ C$	T_x, H	$f_{p1(70M)}, M$	$f_{p2(62,4M)}, M$	$f_{p3(44M)}, M$
1	2	3	4	5
-47	19600	-0,08665	-0,0477	-0,018
-41	18409	-0,065783	-0,0361	-0,014
-36	17456	-0,047408	-0,026	-0,01
-31	16542	-0,028186	-0,0154	-0,006

Окончание таблицы 1.13

1	2	3	4	5
-25	15502	-0,004113	-0,0022	-9E-04
-20	14686	0,016664	0,00909	0,0035
-15	13918	0,037954	0,02066	0,0079
-10	13199	0,05961	0,0324	0,0123

-5	12530	0,081475	0,0442	0,0168
0	11909	0,103396	0,056	0,0212
5	11336	0,125225	0,0677	0,0256
10	10808	0,146831	0,07925	0,0299
15	10323	0,168101	0,09057	0,0341
20	9878	0,188945	0,10163	0,0381
25	9469	0,209293	0,11239	0,0421
30	9094	0,229093	0,12283	0,0459
34	8816	0,244518	0,13094	0,0488
38	8556	0,259561	0,13883	0,0517

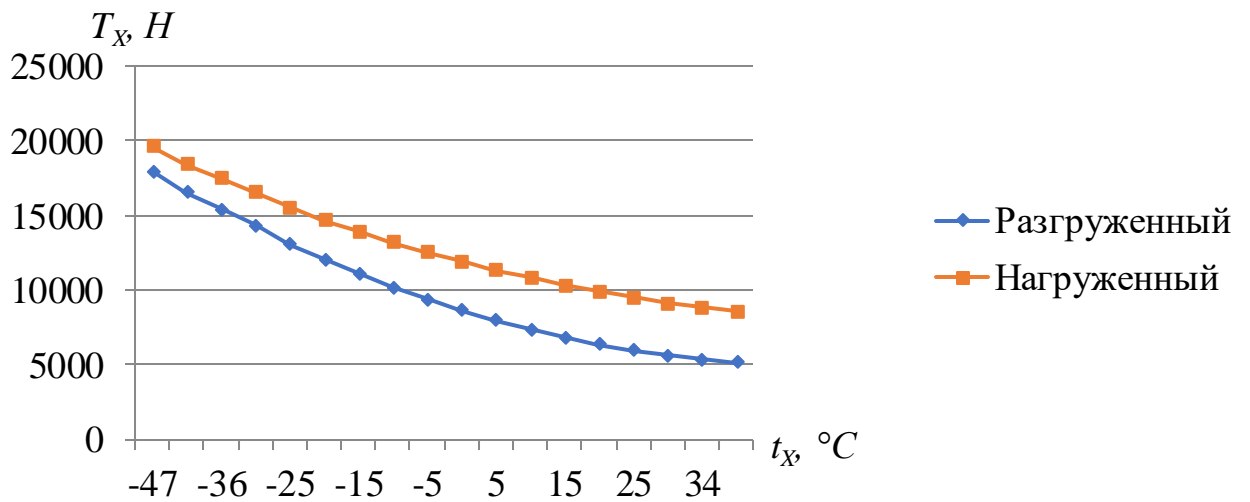


Рисунок 1.2 – Зависимость натяжений НТ от температуры

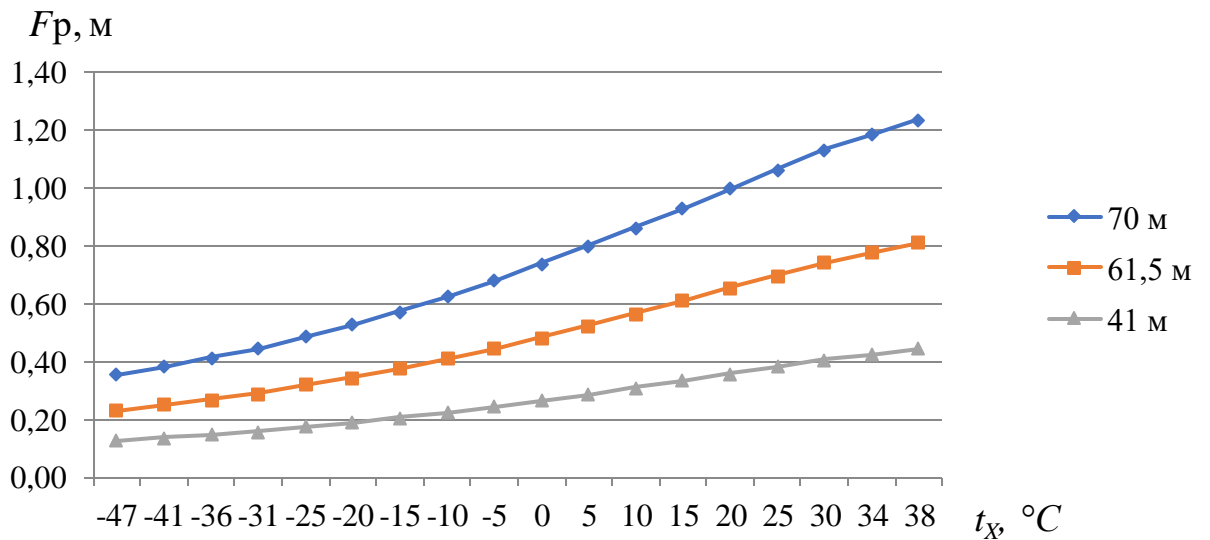


Рисунок 1.3 – Зависимость стрел провеса разгруженного НТ от температуры

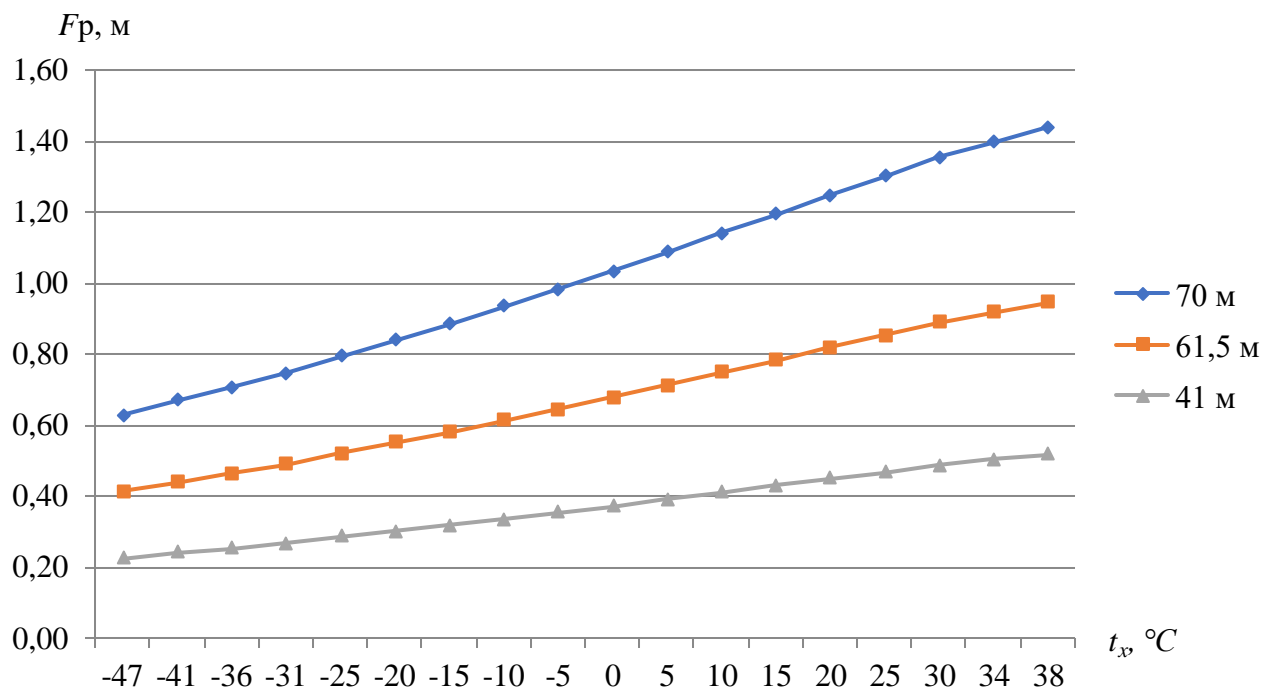


Рисунок 1.4 – Зависимость стрел провеса нагруженного НТ от температуры

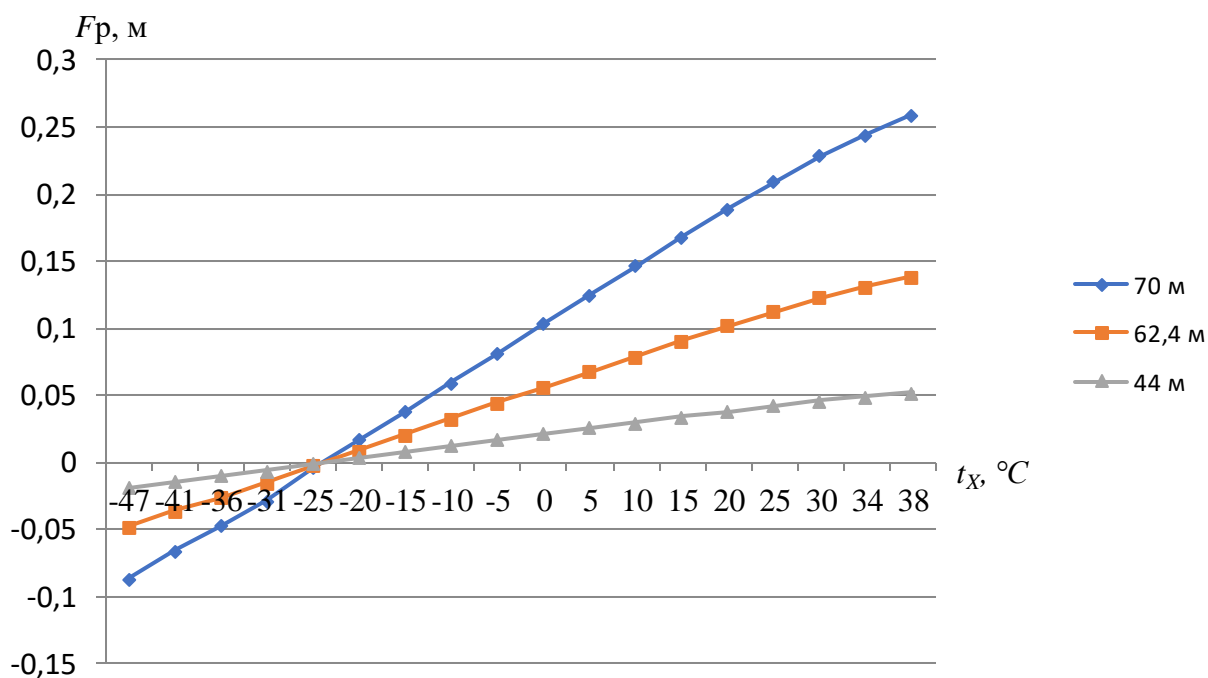


Рисунок 1.5 – Зависимость стрел провеса КП от температуры

1.6 Выводы по разделу

В основной части дипломного проекта были посчитаны нагрузки на провода контактной подвески (таблица 1.4), определены максимально

допустимые длины пролетов на участке контактной сети (таблица 1.6). Далее составлена схема питания секционирования (приложение А), с указанием расположения зон установок разъединителей и секционных изоляторов и построены план контактной сети станции и план контактной сети перегона.

После чего был проведен механический расчет загруженного анкерного участка на плане контактной сети станции, на основании которого были определены стрелы провеса разгруженного и загруженного несущего троса, и контактного провода (таблицы 1.11 – 1.13). Также на основании механического расчета были составлены графики зависимости натяжений разгруженного и нагруженного несущего троса от температуры (рисунок 1.2) и стрел провеса разгруженного и нагруженного несущего троса от температуры (рисунки 1.3 – 1.5), а также зависимость стрел провеса контактного провода от температуры (рисунок 1.6).

Расчет и выбор опор представлен в приложении Б. Также в приложении Б представлен выбор консолей, фиксаторов и жестких поперечин, используемых для построения плана контактной сети станции и перегона.

3 Расчет эксплуатационных расходов на содержание участка контактной сети

Расходы, идущие на содержание контактной сети, делятся на:

- техническое обслуживание и текущий ремонт;
- капитальный ремонт;
- амортизационные отчисления.

Расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт состоят из:

- заработной платы сотрудникам контактной сети и ремонтно-ревизионного участка по проверке и испытанию изоляции, а так же измерениям сопротивления устройств и пр.;
- затрат на социальные нужды;
- расходы на ресурсы;
- расходы на электроэнергию;
- другие расходы.

3.1 Определение затрат на зарплату для сотрудников участка контактной сети

Чтобы провести расчеты затрат на заработную плату, для обслуживания и текущего ремонта проектируемого участка контактной сети, следует рассчитать фонд оплаты труда (ФОТ) по району контактной сети, затем определить заработную плату в расчете на 1 км контактной сети и, умножить ее на развернутую длину проектируемого участка, получим затраты по заработной плате на обслуживание и текущий ремонт проектируемого участка $Z_{\text{ПР}}^1$, определяются по формуле (3.1).

$$Z_{\text{ПР}}^1 = \frac{Z_{\text{ЭЧК}}}{l_{\text{ЭЧК}}} \cdot l_{\text{ПР}} ; \quad (3.1)$$

где $Z_{\text{ЭЧК}}$ – общая сумма оплаты труда работников района контактной сети;

$l_{\text{ЭЧК}}$ – развернутая длина района контактной сети;

$l_{\text{ПР}}$ – развернутая длина проектируемого участка контактной сети.

Развернутая длина контактной сети на двухпутных участках, обслуживаемая одним районом составляет от 150 до 180 км.

На проектируемом участке развернутая длина района контактной сети равна 165 км.

Для расчета заработной платы необходимо определить штат работников района контактной сети.

Численность района контактной сети по техническому обслуживанию и текущему ремонту контактной сети ($\text{Ч}_{\text{ЯВ}}^{\text{К.С}}$) определяется исходя из развернутой длины ($l_{\text{ЭЧК}}$) и нормы затрат труда на 1 км развернутой длины контактной сети ($N_{\text{К}}$), установленной для каждого конкретного района контактной сети

$$\text{Ч}_{\text{ЯВ}}^{\text{К.С}} = N_{\text{К}} \cdot l_{\text{ЭЧК}}; \quad (3.2)$$

где $N_{\text{К}}$ – в расчетах принимаем 0,2 человека на 1 км развернутой длины.

$$\text{Ч}_{\text{ЯВ}}^{\text{К.С}} = 0,2 \cdot 165 = 33 + 1 = 34 \text{ чел.}$$

Норма затрат ($N_{\text{К}}$) включает в себя заработную плату: старший электромеханик, электромеханик, электромонтер, машинист дрезины, водитель. Численность персонала ($\text{Ч}_{\text{ЯВ}}^{\text{К.С}}$) в районе контактной сети определено в соответствии с характером выполняемых работ и составляет:

- 1 начальник района контактной сети;

- 1 старший электромеханик;
- 1 электромеханик;
- 1 шофер;
- 1 машинист дрезины;
- 4 водителя дрезины (дежурные);
- остальные работники (электромонтеры) распределяются по уровню квалификации примерно так:

VI разряда – 10 % – 2 человек;

V разряда – 25 % – 6 человек;

IV разряда – 30 % – 7 человек;

III разряда – 35 % – 8 человек.

Затем следует определить дополнительный контингент ($Ч_{\text{доп}}$) (на замещение больных и отсутствующих на работе по уважительным причинам), а также списочную численность работников ($Ч_{\text{СП}}$)

$$Ч_{\text{СП}} = Ч_{\text{ЯВ}}^{\text{К.С}} \cdot К_{\text{ЗАМ}}; \quad (3.3)$$

где $К_{\text{ЗАМ}}$ – в расчетах принимаем 1.14

$$Ч_{\text{СП}} = 33 \cdot 1,14 = 38 \text{ чел};$$

$$Ч_{\text{доп}} = Ч_{\text{СП}} - Ч_{\text{ЯВ}}^{\text{К.С}}; \quad (3.4)$$

$$Ч_{\text{доп}} = 38 - 34 = 4 \text{ чел.}$$

Оплата труда электромонтеров и водителей транспортных средств производится по повременно-премиальной системе. Оплата труда следующих сотрудников: одного электромеханика, одного старшего электромеханика, а

также одного начальника района производится по следующим должностным окладам.

Оклады работников района контактной сети:

- начальник района контактной сети – 43387 рублей;
- старший электромеханик – 33355 рублей;
- электромеханик – 26166 рублей;

Кроме окладов месячный заработок начальника района контактной сети, старшего электромеханика, включает в себя премию и доплату по районному коэффициенту, а заработная плата электромеханика кроме того включает в себя и доплату за тяжелые условия труда в размере 6 % к должностному окладу.

Размер премии начальнику, старшему электромеханику и электромеханику принимаем в размере 15 % к должностному окладу. Доплата по районному коэффициенту осуществляется в размере 15 % к сумме всех выплат.

Месячная тарифная ставка рабочего определяется путем умножения минимального размера оплаты труда (МРОТ), установленного на железнодорожном транспорте на момент производства расчетов, на тарифный коэффициент, соответствующий квалификации рабочего. Минимальный размер оплаты труда, принимаем равным 11280 рублей. Норма времени в месяц 164,17ч.

Доплату за работу в тяжелых условиях труда следует предусмотреть в размере к месячной тарифной ставке или окладу:

- электромонтерам контактной сети VI разряда – 16 %;
- электромонтерам III – V разрядов – 10 %;
- водителям транспортных средств – 4 %;
- электромеханикам – 8 %.

Доплата за работу в ночное время дежурным водителям дрезин составляет 13,3 %, а за работу в праздничные дни – 3,28 % тарифной ставки.

Размер премии рабочим в работе следует принять в размере 20 % месячной тарифной ставки.

В расчетах следует предусмотреть бригадира - электромонтера VI разряда и запланировать доплату за руководство бригадой в размере 15 % тарифной ставки.

Доплата по районному коэффициенту рабочим составляет 15 % суммы, включающей месячную тарифную ставку, премию и доплаты: за тяжёлые и вредные условия труда, за ночное время работы и праздники, за управление бригадой. Результаты расчета заработной платы работников контактной сети приведены в таблице 3.1 По полученным результатам таблицы 3.1 производим расчет по формуле (3.1).

$$Z_{\text{ПР}}^1 = \frac{10198758,29}{165} \cdot 5,4 = 333777,544 \text{руб.}$$

Таблица 3.1 – Расчет численности и фонда оплаты труда на техническое содержание и текущий ремонт контактной сети работников района контактной сети

№ п/п	Наименование профессий и должностей работников	Численность, чел.	Разряд квалификации	Среднемесячная заработная плата одного работника, руб.								Общий годовой фонд заработной платы, руб.
				Месячная тарифная ставка или должностной оклад	Доплата за тяжелые и вредные условия	Доплата за работу в ночное время	Премия	Доплата за работу в праздничные дни	Доплата за руководство бригадой	Доплата по районному коэффициенту	Месячный заработок одного работника	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Начальник района контактной сети	1	–	43812,08	–	–	8762,42	–	–	7886,17	60460,7	725528,045
2	Старший электромеханик	1	–	33682,03	–	–	6736,41	–	–	6062,77	46481,2	557774,417
3	Электромеханик	1	–	26422,59	2113,81	–	5284,52	866,661	–	5203,14	39890,7	478688,551
4	Дежурные водители дрезины	4	VI	17515,15	700,606	2329,51	3503,03	574,497	–	3693,42	28316,2	339794,611
5	Водитель дрезины	1	VI	17515,15	700,606	2329,51	3503,03	–	–	3607,25	27655,5	331866,553
6	Шофер	1	V	16074,18	642,967	–	3214,84	–	–	2989,8	22921,8	275061,368

Окончание таблицы 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	Электромонтеры	1	VI	17515,15	2802,42	–	3503,03	–	–	3573,09	27393,7	328724,335
8	Электромонтеры (бригадир)	1	VI	17515,15	2802,42	–	3503,03	2551	–	3955,74	30327,3	363928,36
9	Электромонтеры	6	V	16074,18	1607,42	–	3214,84	–	–	3134,47	24030,9	1730224,74
10	Электромонтеры	8	IV	14330,4	1433,04	–	2866,08	–	–	2794,43	21423,9	2056699,05
11	Электромонтеры	9	III	12358,97	1235,9	–	2471,79	–	–	2410	18476,7	1995479,3
12	Итого основная заработная плата (на явочный контингент)	34	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9183769,33
13	Дополнительная зарплата (на контингент на замещение) на оплату отпусков	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1014988,96
14	Всего основная и дополнительная заработная плата	38	–	–	–	–	–	–	–	–	–	10198758,2 9

	(на списочный контингент)											
--	------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

3.2 Определение затрат на заработную плату работников ремонтно-ревизионного участка

Затем рассчитываем расходы по оплате труда работников ремонтно-ревизионного участка, занятых на работах по содержанию контактной сети проектируемого участка.

Затраты труда сотрудников ремонтно-ревизионного участка по проверке и испытанию изоляции и замерам сопротивлений устройств составляет 5 человеко-часов в год на 1 километр развернутой длины контактной сети. Эти работы выполняют электромонтеры V разряда.

3.2.1 Расчет затрат на оплату труда работников ремонтно-ревизионного участка ведем в следующем порядке

Тарифный заработок (Z_T) определяется по формуле (3.5)

$$Z_T = 5 \cdot l_{\text{ПР}} \cdot T_{\text{ЧАС}}; \quad (3.5)$$

$$T_{\text{ЧАС}} = \frac{16074,18}{164,17} = 87,1 \text{ руб.};$$

$$Z_T = 5 \cdot 5,4 \cdot 87,1 = 2351,7 \text{ руб.}$$

Доплата за тяжелые условия труда (D_T) составляет 10 % тарифного заработка

$$D_T = 0,1 \cdot Z_T; \quad (3.6)$$

$$D_T = 0,1 \cdot 2351,7 = 235,2 \text{ руб.};$$

Премия ($З_{\Pi}$) составляет 25 % тарифного заработка и определяется по формуле (3.7)

$$З_{\Pi} = 0,25 \cdot З_{Т}; \quad (3.7)$$

$$З_{\Pi} = 0,25 \cdot 2351,7 = 587,9 \text{ руб.}$$

Доплата за разъездной характер работы ($Д_{Р}$) составляет 20 % тарифного заработка.

$$Д_{Р} = 0,2 \cdot 2351,7 = 470,3 \text{ руб.}$$

Доплата по районному коэффициенту ($Д_{К}$) определяется по формуле (3.8).

$$Д_{К} = 0,15 \cdot (З_{Т} + Д_{Т} + З_{\Pi} + Д_{Р}); \quad (3.8)$$

$$Д_{К} = 0,15 \cdot (2351,7 + 235,2 + 587,9 + 470,3) = 546,8 \text{ руб.}$$

Общий фонд основной заработной платы по ремонтно-ревизионному участку ($\Phi OT_{\text{ОСН.РРУ}}$) определяем по формуле (3.9).

$$\Phi OT_{\text{ОСН.РРУ}} = З_{Т} + Д_{Т} + З_{\Pi} + Д_{Р} + Д_{К}; \quad (3.9)$$

$$\Phi OT_{\text{ОСН.РРУ}} = 2351,7 + 235,2 + 587,9 + 470,3 + 546,8 = 4191,9 \text{ руб.}$$

Затраты на оплату отпусков (фонд дополнительной зарплаты) составляют 12 % $\Phi OT_{\text{ОСН.РРУ}}$ и определяются по формуле (3.10).

$$\Phi OT_{\text{ДОП.РРУ}} = \Phi OT_{\text{ОСН.РРУ}} \cdot 0,12; \quad (3.10)$$

$$\Phi OT_{\text{ДОП.РРУ}} = 4191,9 \cdot 0,12 = 503 \text{ руб.}$$

Общий годовой фонд оплаты труда работников РРУ по обслуживанию контактной сети определяется по формуле (3.11).

$$\Phi OT_{\text{ОБЩ.РРУ}} = \Phi OT_{\text{ОСН.РРУ}} + \Phi OT_{\text{ДОП.РРУ}} ; \quad (3.11)$$

$$\Phi OT_{\text{ОБЩ.РРУ}} = 4191,9 + 503 = 4694,9 \text{ руб.}$$

Потом определяем общую сумму затрат на оплату труда на техническое содержание и текущий ремонт проектируемого участка контактной сети ($\mathcal{E}_{3.П}^{\text{ПР}}$) по формуле (3.12), которая включает основную и дополнительную заработную плату работников района контактной сети ($З_{\text{ПР}}^1$) и общий годовой фонд оплаты труда работников ремонтно-ревизионного участка ($\Phi OT_{\text{ОБЩ.РРУ}}$)

$$\mathcal{E}_{3.П}^{\text{ПР}} = З_{\text{ПР}}^1 + \Phi OT_{\text{ОБЩ.РРУ}} ; \quad (3.12)$$

$$\mathcal{E}_{3.П}^{\text{ПР}} = 333777,54 + 4694,9 = 338472,44 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды ($\mathcal{E}_{\text{ОТЧ}}^{\text{ПР}}$) принимаются в определенном проценте (действующем на момент производства расчетов) от суммы основной и дополнительной заработной платы.

По состоянию на 2019 год этот норматив составляет 30,4 % и определяется по формуле (3.13).

$$\mathcal{E}_{\text{ОТЧ}}^{\text{ПР}} = 0,304 \cdot \mathcal{E}_{3.П}^{\text{ПР}} ; \quad (3.13)$$

$$\Xi_{\text{отч}}^{\text{пр}} = 0,304 \cdot 338472,44 = 102895,62 \text{ руб.}$$

Расходы на материалы, электроэнергию и прочие расходы определяются по указанным ниже нормативам и рассчитываются на проектируемый участок.

Стоимость материалов на техническое содержание и текущий ремонт контактной сети по нормам на 2019 год составляет 16605 рублей на 1 километр развернутой длины контактной сети в год.

$$З_{\text{п}} = 16770 \cdot 5,4 = 90558 \text{ руб.}$$

Затраты электроэнергии по нормам составляют 1200 кВт ч. На 1 километр развернутой длины в год. Цена 1 кВт ч электроэнергии принимаем равной 3,35 рублям.

$$P_{\text{эл.эн}} = 1200 \cdot 5,4 = 6480 \text{ кВт}; \quad (3.14)$$

$$P_{\text{эл.эн}} = 6480 \cdot 3,31 = 21448,8 \text{ руб.}$$

Прочие расходы рассчитываются по укрупненным нормативам, приведенным в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Нормативы прочих расходов при обслуживании устройств электроснабжения

Наименование расходов	Норматив затрат	Сумма расходов
1	2	3
Расходы по командировкам (% к фонду оплаты труда)	0,5	1620

Окончание таблицы 3.2

1	2	3
Расходы по охране труда и технике безопасности	3,0	9720

(% к фонду оплаты труда)		
Износ малоценных и быстро изнашивающихся предметов (р. на 1 работающего)	1000	38000
Содержание внутреннего транспорта (р. на 1 км развернутой длины)	1000	5400
Расходы на транспортировку рабочих к месту производства работ и обратно (% общей суммы затрат на оплату руда)	1-2	6470
Прочие затраты (р. на 1 человека)	2000	76000
Итого затрат	–	125870

3.3. Определение расходов на капитальный ремонт контактной сети

Общую сумму расходов на капитальный ремонт контактной сети принимаем в размере 2 % стоимости контактной сети проектируемого участка.

Стоимость 1 км контактной сети равна 7000000 рублей.

$$K_{\text{пр.уч}} = 7000000 \cdot 5,4 = 37800000 \text{ руб.};$$

$$Z_{\text{к.р}} = 37800000 \cdot 0,02 = 756000 \text{ руб.}$$

Эту сумму необходимо распределить по отдельным элементам затрат

Заработная плата – 12 % общей суммы расходов на капитальный ремонт.

$$Z_{\text{зар.плл}} = 756000 \cdot 0,12 = 90720 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды – 26,7 % суммы затрат на зарплату на капитальный ремонт.

$$Z_{\text{зар.плл}} = 90720 \cdot 0,267 = 24222,2 \text{ руб.}$$

Материалы – 68 % общей суммы расходов на капитальный ремонт.

$$Z_{\text{мат}} = 756000 \cdot 0,68 = 514080 \text{ руб.}$$

Топливо – 12 % общей суммы расходов на капитальный ремонт.

$$З_{\text{ТОП}} = 756000 \cdot 0,12 = 90720 \text{ руб.}$$

Прочие расходы – оставшаяся нераспределенная сумма.

$$З_{\text{ПР}} = 756000 - 90720 - 24222,2 - 514080 - 90720 = 36257,8 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления составляют 2 % стоимости контактной сети проектируемого участка.

$$З_{\text{АМП}} = 378000000 \cdot 0,02 = 7560000 \text{ руб.}$$

Годовые эксплуатационные расходы на техническое обслуживание, ремонт и амортизацию проектируемого участка контактной сети представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Годовые эксплуатационные расходы на техническое обслуживание, ремонт и амортизацию проектируемого участка контактной сети

Наименование элементов расходов	Заработная плата, руб	Отчисления на социальные нужды, руб	Материалы, руб	Электроэнергия, руб	Амортизация, руб	Прочие расходы, руб	Итого расходов, руб
1.Расходы по тех. обслуживанию и текущему	333777,544	102895,62	90558	21448,8	–	125870	674549,96
2.Расходы на капитальный ремонт контактной сети	90720	24222,2	514080	90720	–	36257,8	756000
3.Амортизационные отчисления на контактную сеть	–	–	–	–	756000	–	756000

4. Итого расходов	424497,54	127117,82	604638	112168,8	756000	157085	2181507,16
-------------------	-----------	-----------	--------	----------	--------	--------	------------

3.4 Вывод по разделу

В результате расчетов экономической части данного дипломного проекта были определены:

расходы по техническому обслуживанию и текущему ремонту контактной сети – 674549,96 рублей.

расходы на капитальный ремонт контактной сети – 756000 рублей.

амортизационные отчисления на контактную сеть – 756000 рублей.

В итоге годовые эксплуатационные затраты на текущее содержание и ремонт проектируемого участка контактной сети составили – 2181507,16 рублей.

Представлены на рисунке 3.1

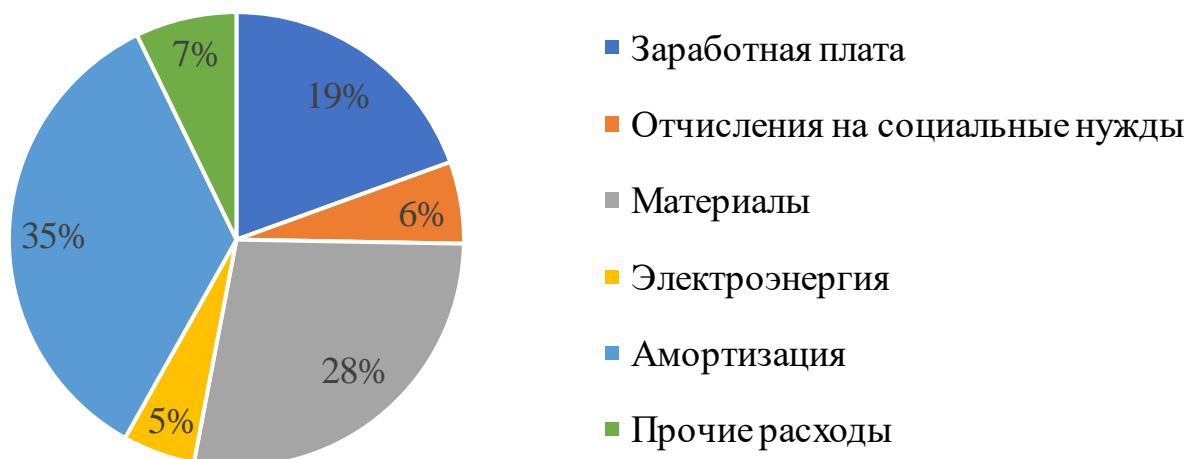


Рисунок 3.1 – Годовые эксплуатационные затраты на текущее содержание и ремонт проектируемого участка контактной сети

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте рассмотрен проект участка контактной сети переменного тока с разработкой трехмерной модели металлических швеллерных опор.

1. В основной части проекта определены нагрузки на провода контактной сети. Результирующая нагрузка при гололеде с ветром на главных путях составила 26,31 Н/м, на боковых 23,98 Н/м.

2. Рассчитаны допустимые длины пролетов. Они составили для главных путей – 70 м., для боковых – 70 м., в горловине 55 м.

3. Разработана схема питания секционирования.

4. Построены планы контактной сети станции и перегона.

5. Произведен механический расчет анкерного участка. Эквивалентный пролет равен 61,5 м., а критический 194,98 м.

6. Определена температура беспровесного состояния контактного провода $t_0 = -25^\circ \text{C}$, при этом натяжение несущего троса равно $T_0 = 15335 \text{ Н}$.

7. Построены зависимости натяжений разгруженного и нагруженного несущего троса от температуры (рисунок 1.3) и стрел провеса разгруженного и нагруженного несущего троса от температуры (рисунки 1.4 – 1.5), а также зависимость стрел провеса контактного провода от температуры (рисунок 1.5).

8. Во второй части дипломного проекта произведена разработка трехмерной металлической опоры из гнутого швеллера в *Solid Works*. Измерены моменты инерции стойки, а так же рассчитаны массовые характеристики. Результаты измерений и расчетов приведены в таблице 2.1 и рисунках 2.19, 2.20. На основании проведенных измерений и расчетов сделаны выводы, доказывающие исправность опоры.

9. В экономической части произведен расчет заработной платы работников контактной сети и ремонтно-ревизионного участка. Также посчитаны годовые эксплуатационные затраты на текущее содержание и ремонт проектируемого участка контактной сети, которые составили 2181507,16 рублей.

10. В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы безопасности работ на контактной сети, безопасности труда при установке опор контактной сети, соответствие дипломного проекта требованиям безопасности и экологичности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фрайфельд А. В. Проектирование контактной сети. / Фрайфельд А. В. Брод Г.Н. – М.: Транспорт, – 1991 г. – 335 с.
2. Контактные сети и ЛЭП: учеб. метод. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.В. Ефимов, А.Г. Галки, Е.А. Польшанова, А. А. Ковалев; под ред. В. П. Вовчека – Екатеринбург: УрГУПС, 2009. – 88 с.
3. Руководство для учащихся по изучению программного обеспечения Solid Works [Электронный ресурс] URL: https://www.solidworks.com/sw/docs/Student_WB_2011_RUS.pdf (дата обращения 15.05.19 г.)
4. Металлический опоры контактной сети и стойки жестких поперечин из гнутых профилей [Электронный ресурс] URL: <http://elektropostavka.ru/files/1/6226i.pdf> (дата обращения 15.05.19 г.)
5. Опоры контактной сети РЖД [Электронный ресурс] URL: <http://www.metallprosnab.ru/catalog/oporykontaktnojsetirzhd/> (дата обращения 15.05.19 г.)
6. Техника безопасности при установке опор. [Электронный ресурс] URL: <https://studfiles.net/preview/1794357/page:13/> (дата обращения 15.05.19 г.)
7. Алексеева Л. М. Расчет годовых эксплуатационных затрат на текущее содержание и ремонт проектируемого участка контактной сети: методические рекомендации: учеб. пособие / Л. М. Алексеева – Екатеринбург: УрГУПС, 2008. – 16 с.
8. Белинский С.О. Безопасность и экологичность при проектировании и эксплуатации электроустановок. Методическое пособие для подготовки раздела при дипломном проектировании / С.О. Белинский, К.Б. Кузнецов – Екатеринбург, УрГУПС, 2006. – 35 с.
9. Перечень случаев смертельного травматизма в ТРАНСЭНЕРГО за 2017 г. (по состоянию на 25.12.2018).

10. Инструкция по безопасности для электромонтеров контактной сети ЦЭ 104. / Федотов А.А. Хананов В.В. (ЦЭ ОАО «РЖД»), Горожанкина Е.Н. (ПКБ ЭЖД ОАО «РЖД»), Бычков А.Н. (МИИТ). – Департамент электрификации и электроснабжения ОАО «РЖД», 2010. – 246 с.

11. Технологические карты на работы по техническому обслуживанию и ремонту устройств контактной сети и воздушных линий электропередачи электрифицированных железных дорог. Книга I Капитальный ремонт. – Трансиздат, 2012 г. – 550 с.

12. Экологические требования к объектам железнодорожного транспорта – Экология и природопользование [Электронный ресурс]: <https://knigi.link/page/dikanuch/ist/ist-3--idz-ax233--nf-65.html>. (дата обращения 11.04.19 г.)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Пикетаж основных объектов перегона, структурная схема станции и схема секционирования
(Обязательно)

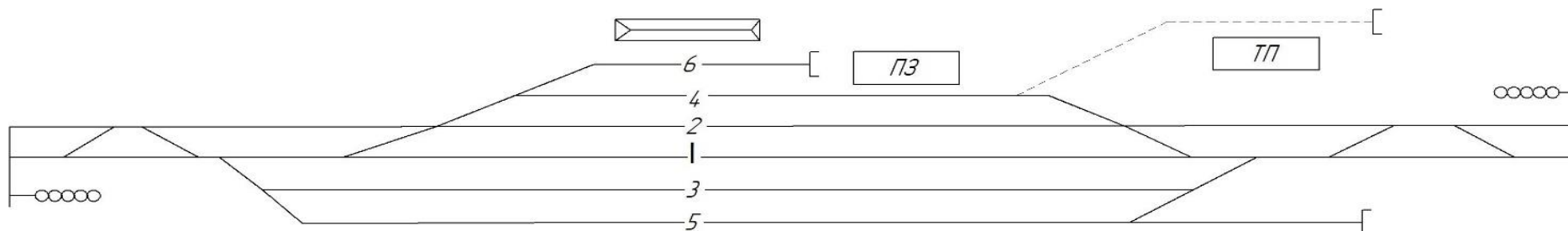


Рисунок А.1 – Структурная схема станции

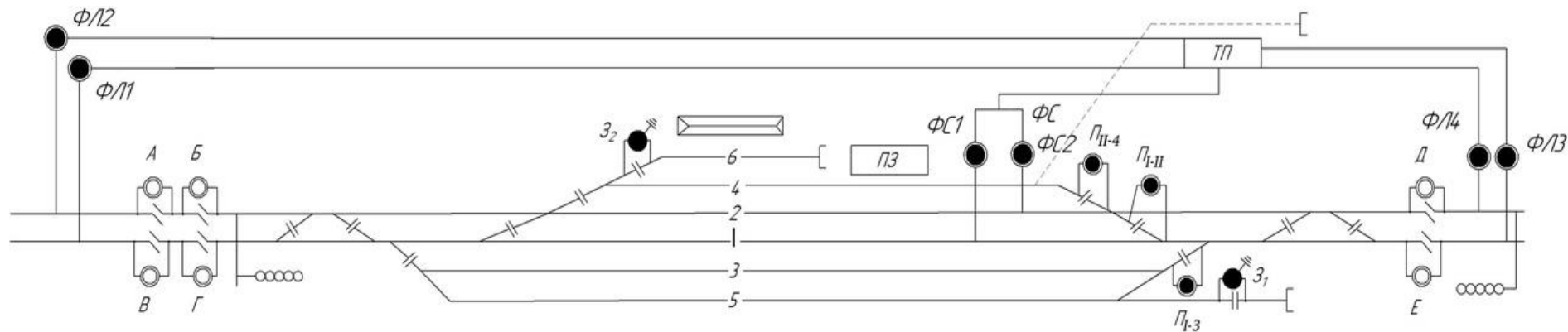


Рисунок А.2 – Схема питания секционирования

Таблица А.1 – Пикетаж основных объектов перегона

Наименование	Пикетаж
Входной сигнал станции	23 км 8+35
Начало кривой $R=600$ м, центр слева	24 км 0+48
Конец кривой	3+27
Ось каменной трубы с отверстием 1,1 м	4+50
Начало кривой $R=850$ м, центр справа	4+88
Конец кривой	25 км 3+84
Ось моста через реку с ездой понизу	5+16
Длина моста	125
Ось ж.б. трубы с отверстием 3,5 м	7+08
Начало кривой $R=1000$ м, центр слева	8+22
Конец кривой	26 км 0+95
Входной сигнал следующей станции	27 км 1+21

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Расчет и выбор опор, выбор консолей и фиксаторов контактной сети (Обязательно)

Расчет опор осуществляется в следующем порядке:

- составляется схема загрузки опоры (рисунок Б.1);
- определяются величины внешних воздействующих сил на различных расчетных режимах;
- определяются суммарные моменты от внешних сил;
- по максимальному суммарному моменту выбирается тип опоры.

Вертикальная нагрузка от веса контактной подвески для расчетного режима определяется по формуле (Б.1)

$$G_{\Pi j} = g_j L + G_{\text{И}} + G_{\text{Ф}}, \quad (\text{Б.1})$$

- где
- g_j – линейная нагрузка от веса подвески в j -м режиме, Н/м
 - L – Расчетная длина пролета, равная полусумме длин пролетов, смежных с расчетной опорой, м;
 - $G_{\text{И}}$ – нагрузка от веса изоляторов, принимаемая при расчетах на переменном токе – 200 Н;
 - $G_{\text{Ф}}$ – Нагрузка от половины фиксаторного узла $G_{\text{Ф}} = 200$ Н.

Аналогично определяется вертикальная нагрузка от собственного веса усиливающего провода для расчетного режима – j по формуле (Б.2):

$$G_{\Pi j} = g_j L + G_{\text{И}} + G_{\text{Ф}}; \quad (\text{Б.2})$$

Вертикальные нагрузки от веса консоли и кронштейна ($G_{\text{КН}}, G_{\text{КР}}$) принимаются по их типовым чертежам.

Горизонтальная нагрузка на опору под действием ветра на провода контактной сети определяется из выражения (Б.3):

$$P_j^i = p_j^i L, \quad (\text{Б.3})$$

где p_j^i – линейная ветровая нагрузка на i -й провод контактной сети при j -м режиме, Н/м;
 i – провод контактной сети (вместо i указывается «н» – для несущего троса, «к» для контактного провода, «пр» для усиливающего провода).

Нагрузка от давления на опору определяется из выражения (Б.4):

$$P_{\text{ОП}j} = 0,615 C_x V_p S_{\text{ОП}}, \quad (\text{Б.4})$$

где C_x – аэродинамический коэффициент, для ж/б опор, $C_x = 0,7$;
 V_p – расчетная скорость ветра, м/с;
 $S_{\text{ОП}}$ – площадь поверхности, на которую действует ветер (площадь диаметрального сечения опоры), рассчитывается по формуле (Б.5)

$$S_{\text{ОП}} = \frac{h_{\text{ОП}}(d + D)}{2}, \quad (\text{Б.5})$$

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

Произведем расчет нагрузок на промежуточную опору № 2 на прямом

участке пути, представленной в демонстрационно-графической части на плане контактной сети перегона

$$G_{\Gamma j} = 20,11 \cdot 70 + 200 + 200 = 1807,8 \text{ Н.}$$

Нагрузка от веса консоли:

$$G_{\text{KH}} = 24 \cdot 9,8 = 235 \text{ Н.}$$

Нагрузка от веса кронштейна:

$$G_{\text{KP}} = 41 \cdot 9,8 = 402 \text{ Н.}$$

Ветровая нагрузка на линию:

$$P_{\Gamma P} = 1,41 \cdot 70 = 98,7 \text{ Н.}$$

Горизонтальная нагрузка на опору под действием ветра на провода контактной сети:

$$P_{\text{HT}} = 4,6 \cdot 70 = 319 \text{ Н;}$$

$$P_{\text{KH}} = 3 \cdot 70 = 210 \text{ Н;}$$

Площадь диаметрального сечения опоры:

$$S_{\text{оп}} = \frac{9,6(0,4 + 0,3)}{2} = 3,36 \text{ м.}$$

Нагрузка от давления на опору:

$$P_{\text{опj}} = 0,615 \cdot 0,7 \cdot 20,6^2 \cdot 3,36 = 613,8 \text{ Н.}$$

Произведем расчет момента на обресе фундамента:

$$M_{0j} = 9,27 \cdot 98,7 - 0,6 \cdot 76 - 0,5 \cdot 402 + 1,8 \cdot 235 + 9 \cdot 320 + 209,7 \cdot 7 + \\ + 0,5 \cdot 9,6 \cdot 613,8 + 1807,8 \cdot 3,3 = 14348,4 \text{ Н.}$$

Произведем расчет момента на уровне пяты консоли:

$$M_{\text{ПКj}} = (9,27 - 6,75) \cdot 98,7 - 0,6 \cdot 76 - 0,5 \cdot 402 + 1,8 \cdot 235 + \\ + (9 - 6,75) \cdot 320 + 209,7 \cdot (7 - 6,75) + 0,5 \cdot (9,6 - 6,75) \cdot 613,8 + \\ + 1807,8 \cdot 3,3 = 8037,3 \text{ Н.}$$

В расчетном режиме максимального ветра M_{0j} и $M_{\text{ПКj}}$ составляют соответственно 14384,4 Н/м и 8037,3 Н/м.

В режиме гололед с ветром эти величины будут равны:

$$M_{0j} = 14348,4 \cdot 1,33 = 19083,4 \text{ Н;}$$

$$M_{\text{ПКj}} = 8037,3 \cdot 1,47 = 11814,8 \text{ Н.}$$

В режиме гололеда с ветром момент наибольший. По этому моменту выбираем опору при условии, что он должен быть меньше нормативного момента.

Выбираем опору МКГ 60-10 с нормативным моментом 59000.

$$19083,4 < 59000$$

$$11814,8 < 35400$$

Данный вид опор выбран и будет использован на контактной сети станции и перегона, представленный в демонстрационно-графической части, также

результаты выбора опор и их количество можно увидеть в таблицах 1.7 и 1.9.

Однопутные консоли для перегона и станции выбираются без расчета в зависимости от назначения, места установки и типа опоры с учетом ее габарита. По типовому решению, предложенного методикой источника 2, все консоли выбираются из приложения Г. Для нашего участка выбираем консоли ИТС-2 при направлении зигзага от опоры и ИТР-2 при направлении зигзага к опоре. Также мы выбираем консоли ИТС-2П для опор средней анкеровки.

Типы фиксаторов выбираются также без расчета в зависимости от места установки опоры и условий работы для соответствующих габаритов в приложении Г источника 2. Для нашего участка выбираем фиксатора ФПИ-1 и ФОИ-3 при направлении зигзага соответственно к опоре и от неё.

Результаты выбора консолей и фиксаторов представлены в демонстрационно-графической части на планах контактной сети станции и перегона и таблицах 1.8 и 1.10 соответственно для перегона и станции.

Жесткие поперечины выбираются на основании типового решения, предложенного методикой, изложенной в источнике 2. Основные типы ригелей представлены из приложения В, этого же источника и представлены, в таблице 1,7. Также результаты выбора жестких представлены в демонстрационно-графической части, в плане контактной сети станции.

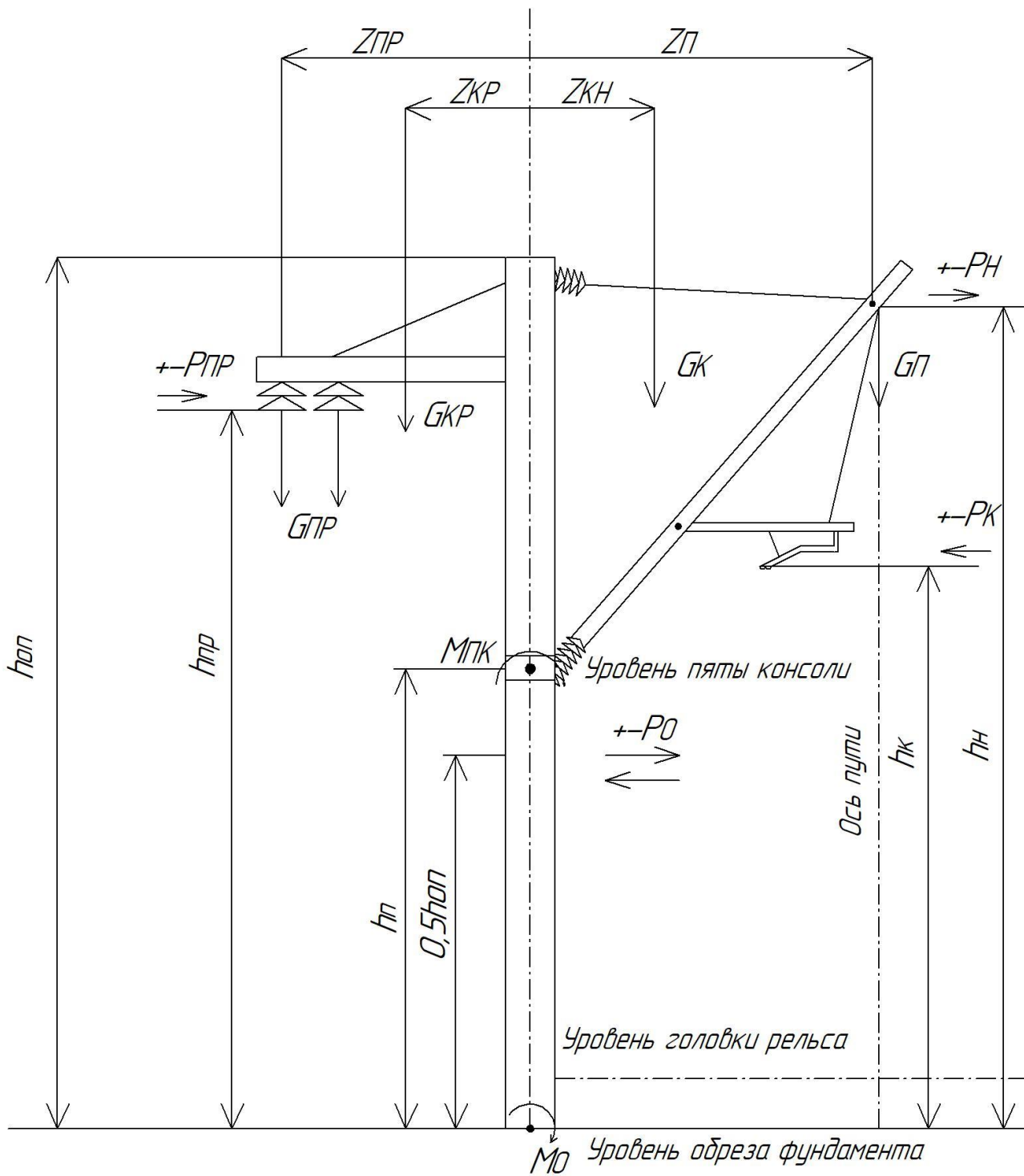


Рисунок Б.1 – Примерная расчетная схема для подбора опор

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Создание трехмерной модели стойки, крановая установка КЖТЭ 16

(Обязательно)

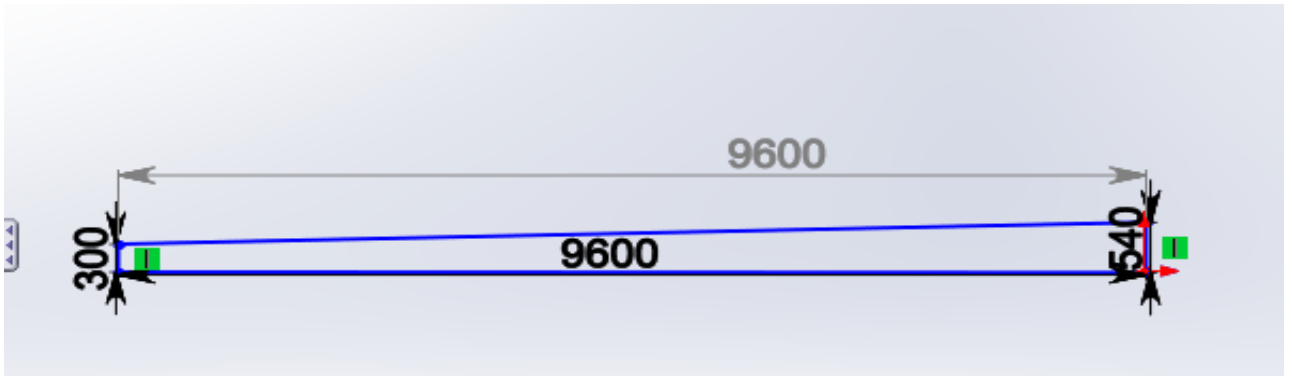
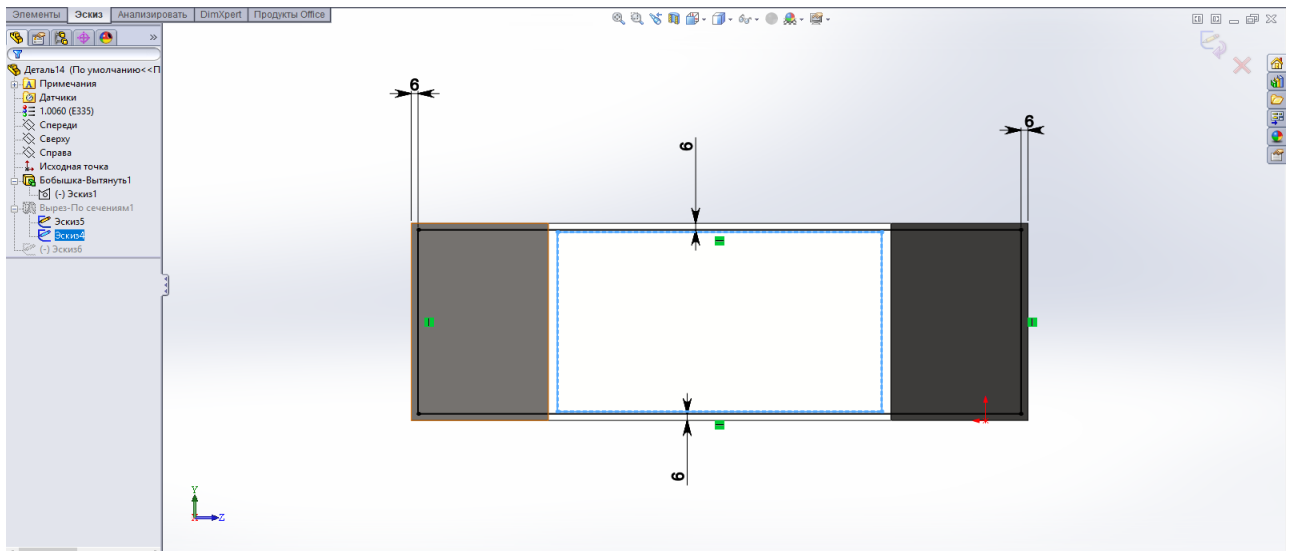


Рисунок В.1 – Эскиз диафрагмы стойки контактной сети из гнутого швеллера

(a)



(б)

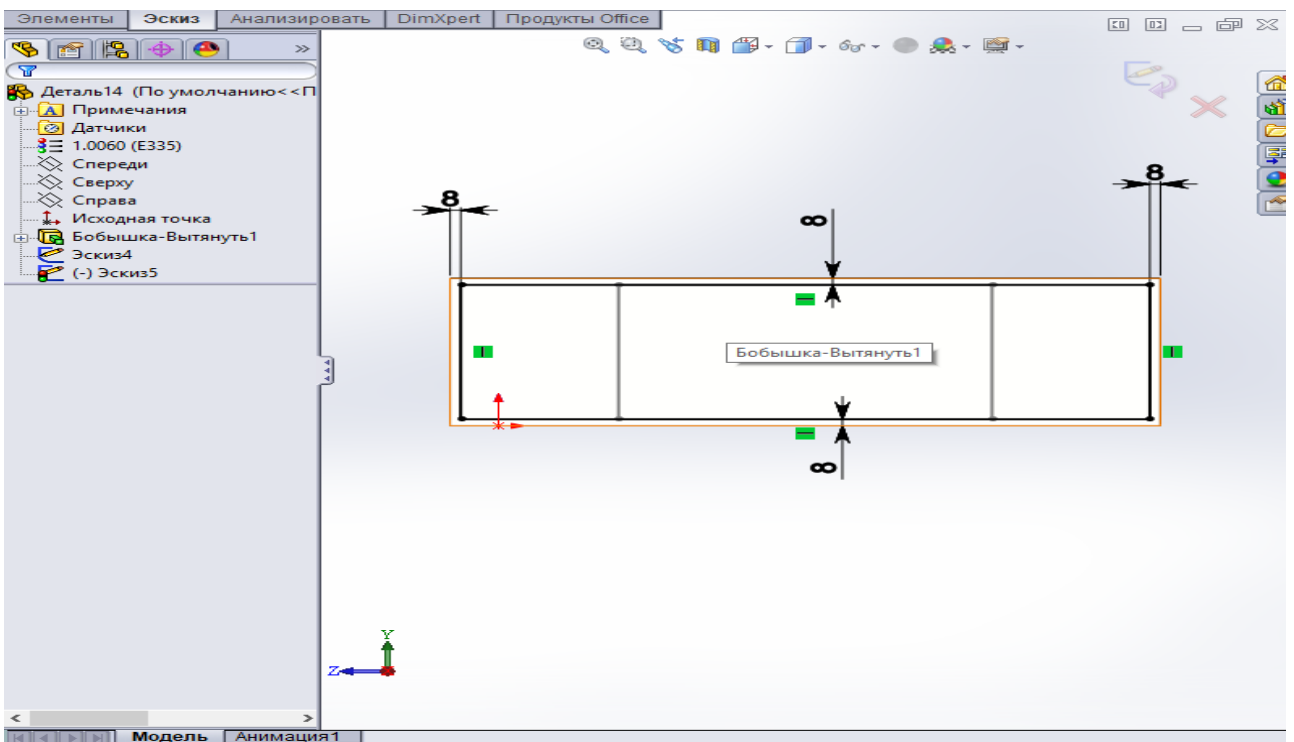


Рисунок В.2 – Построение эскиза для детали (а – вид сверху; б – вид снизу)

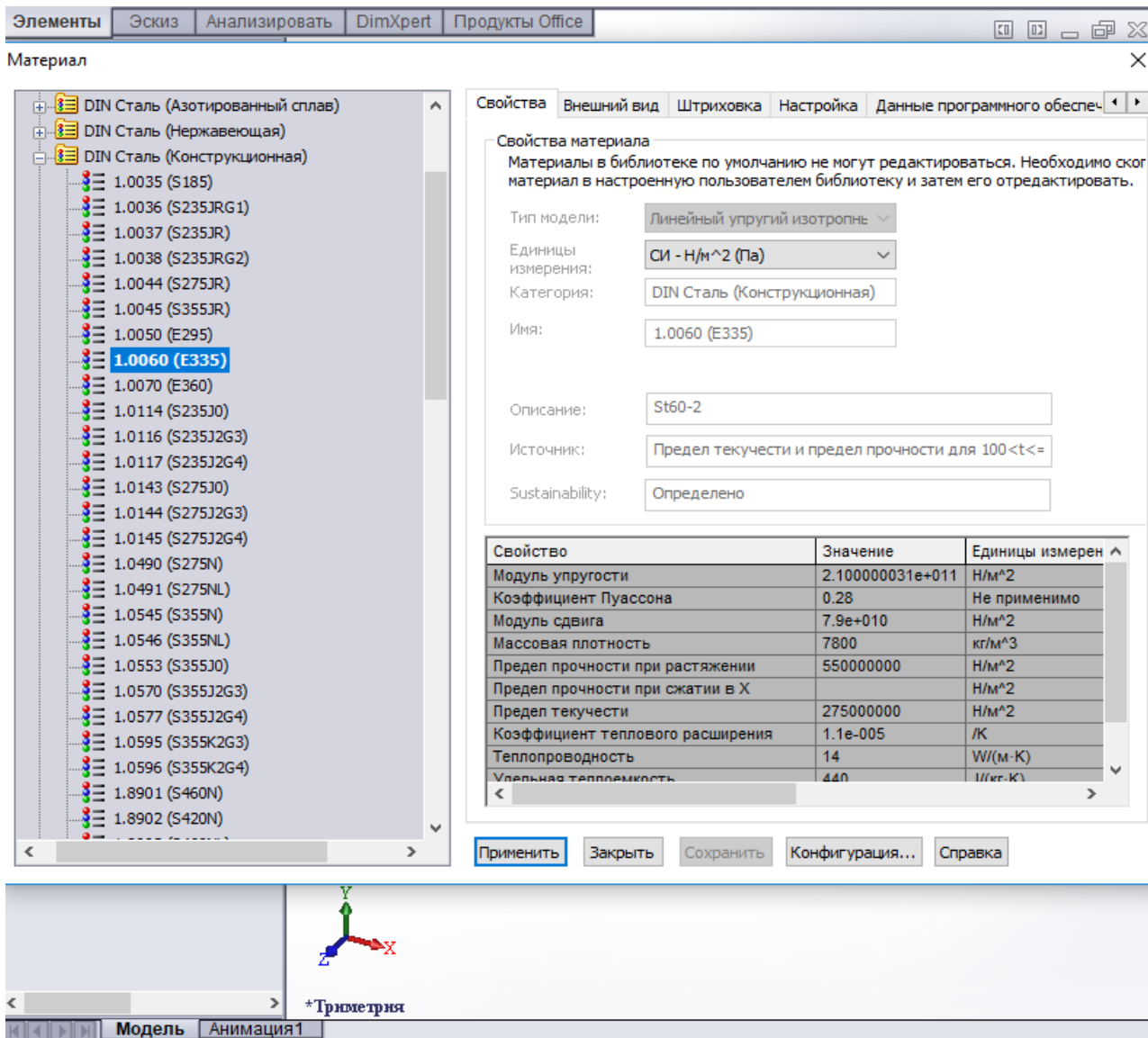


Рисунок В.3 – Выбор материала

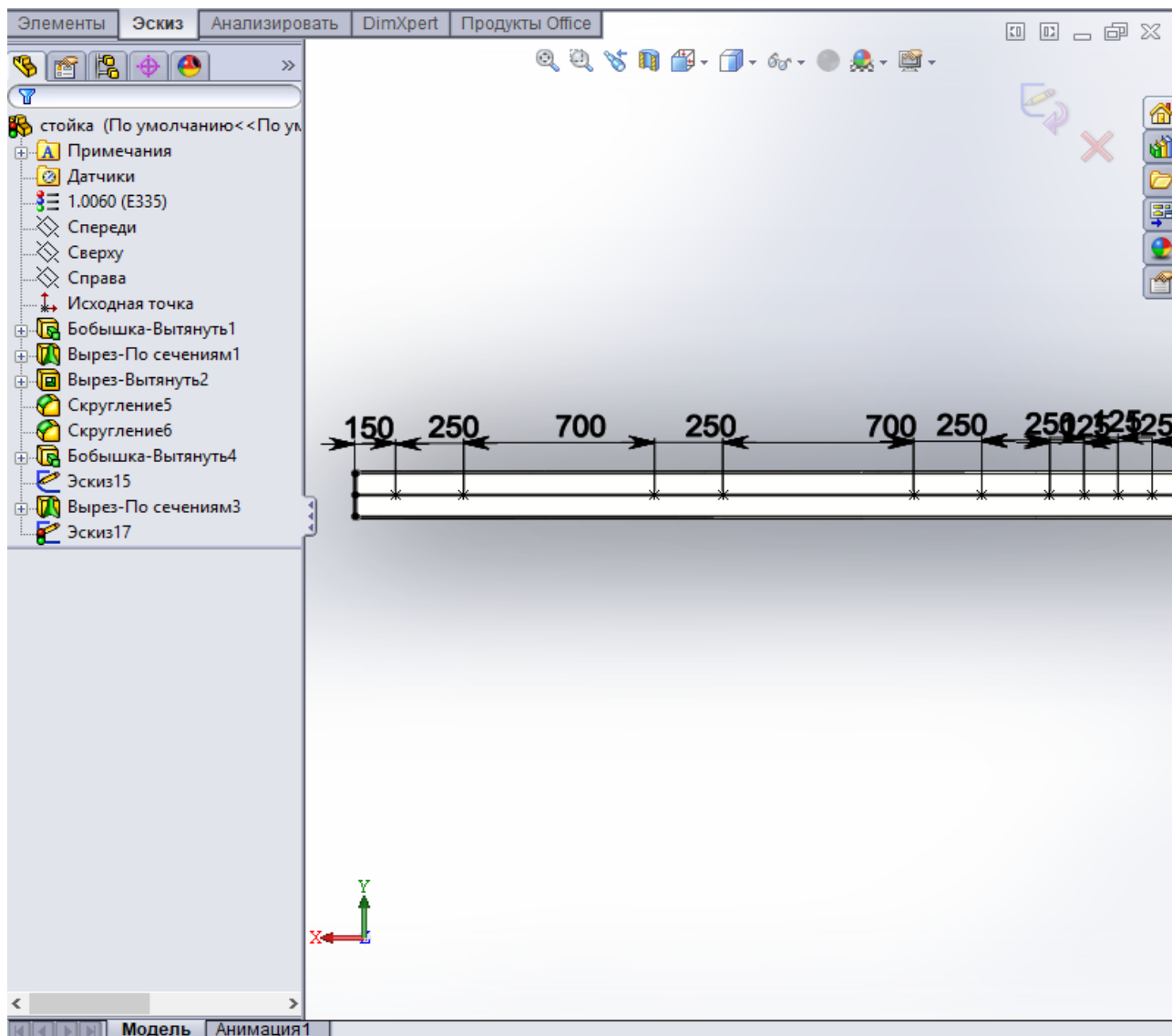


Рисунок В.4 – Намеченные точки для создания вырезов

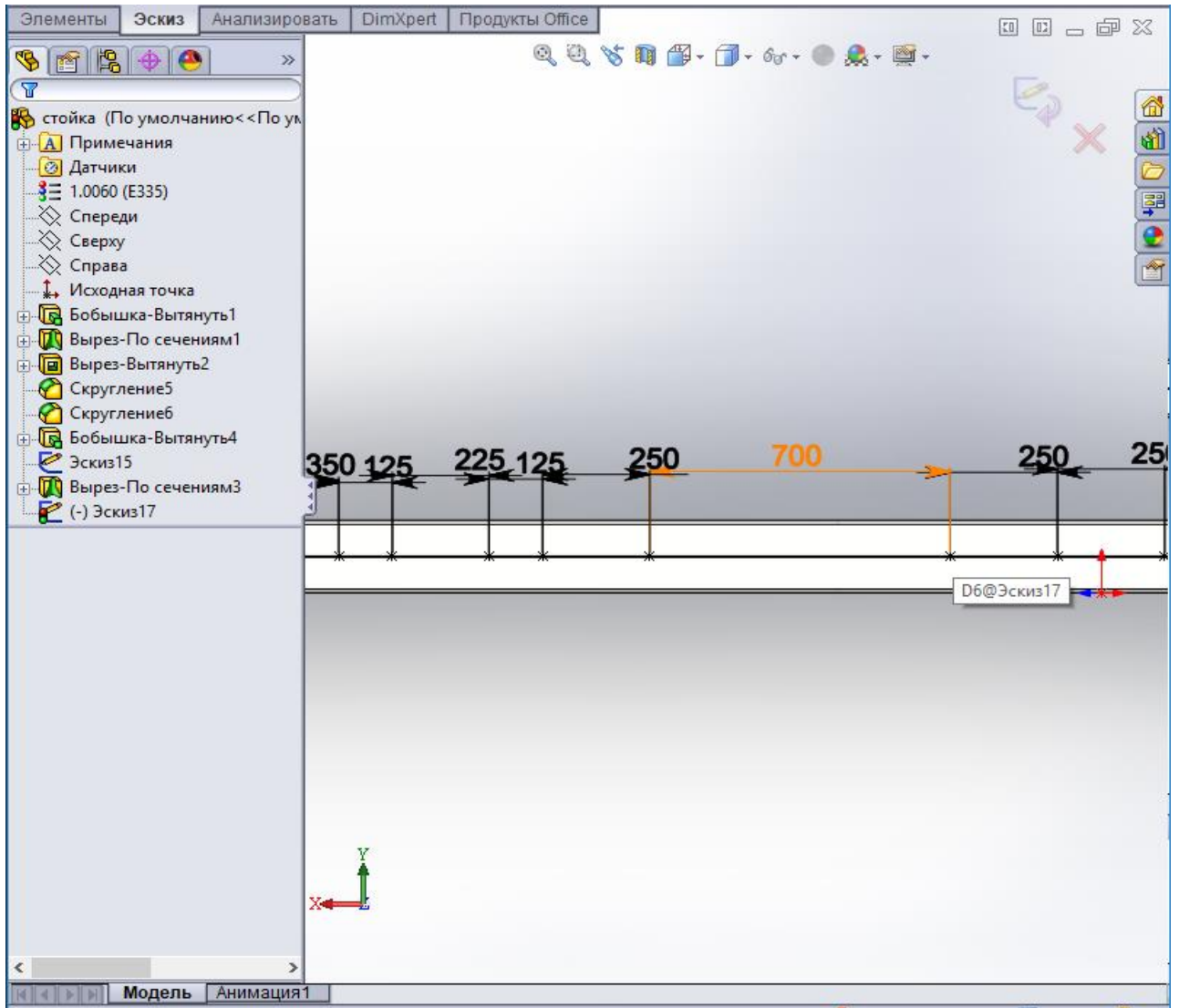


Рисунок В.5 – Окружности для создания вырезов

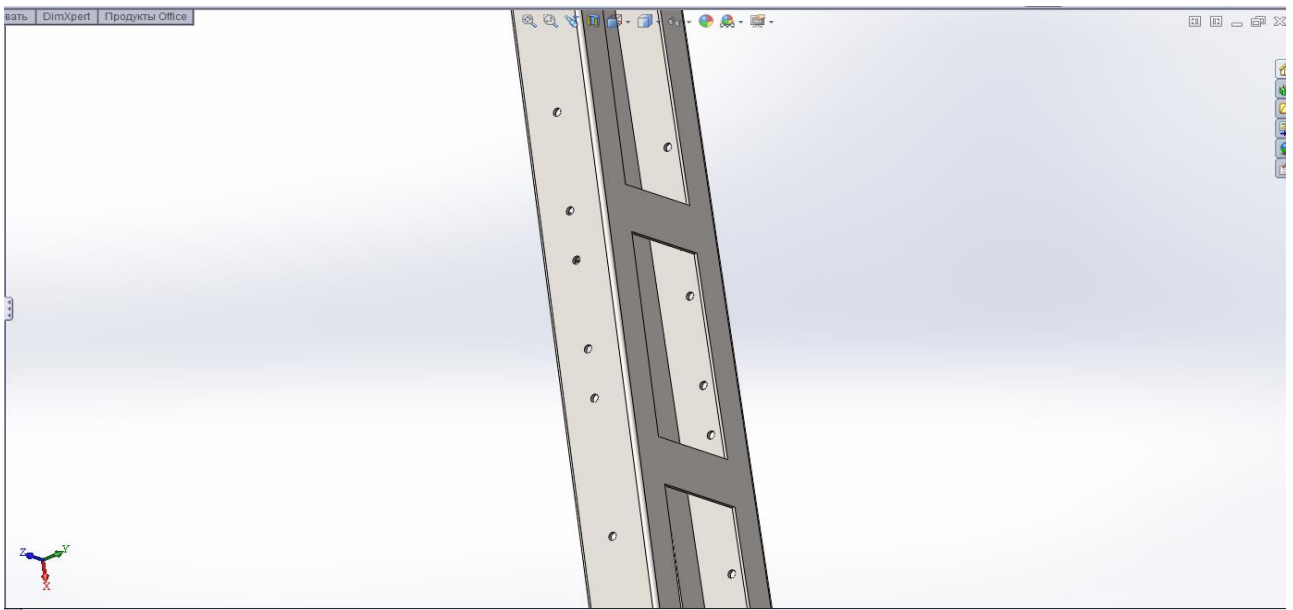


Рисунок В.6 – Отверстия для крепления консоли

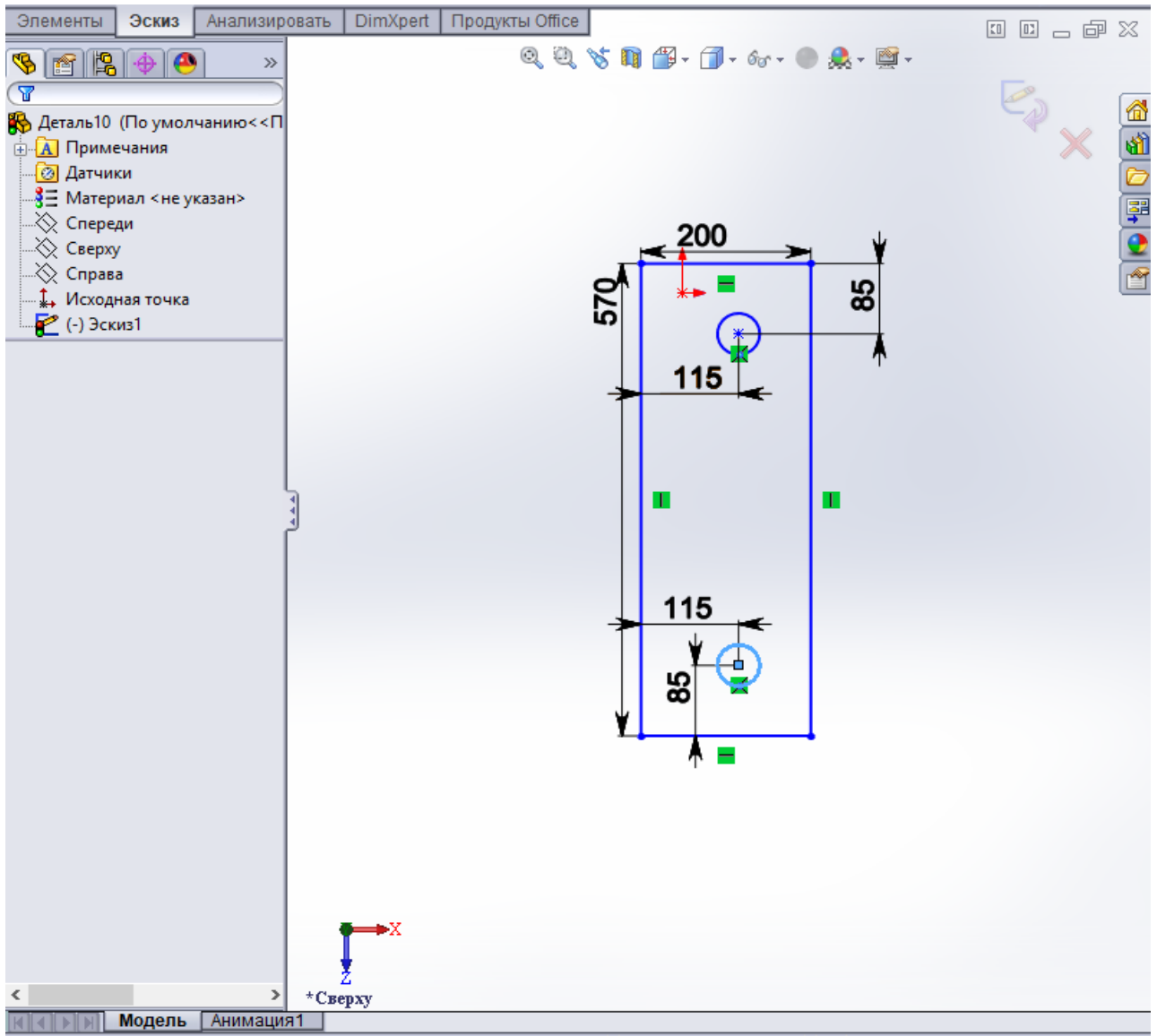


Рисунок В.7 – Эскиз пластины основания

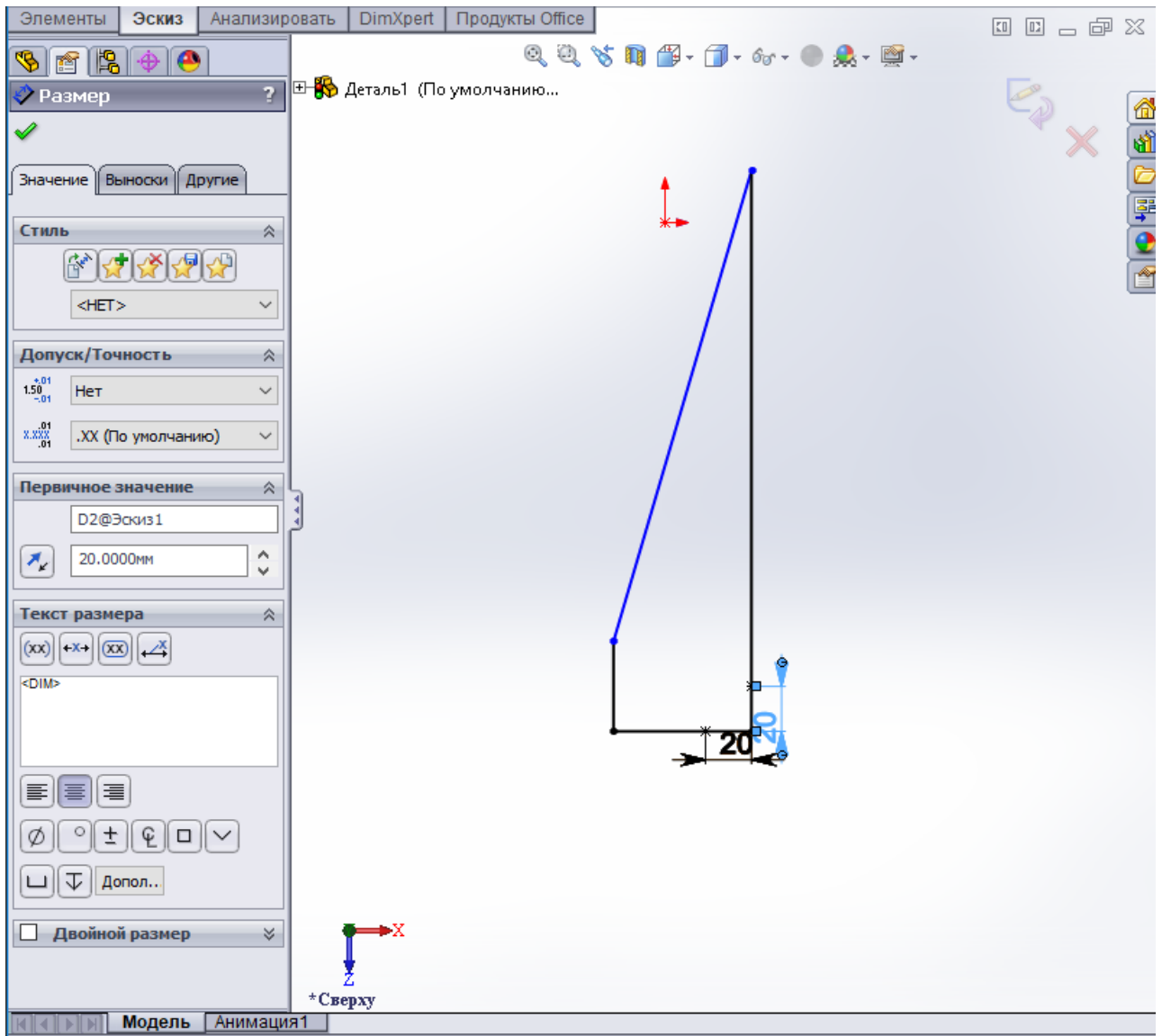


Рисунок В.8 – Эскиз ребра стойки

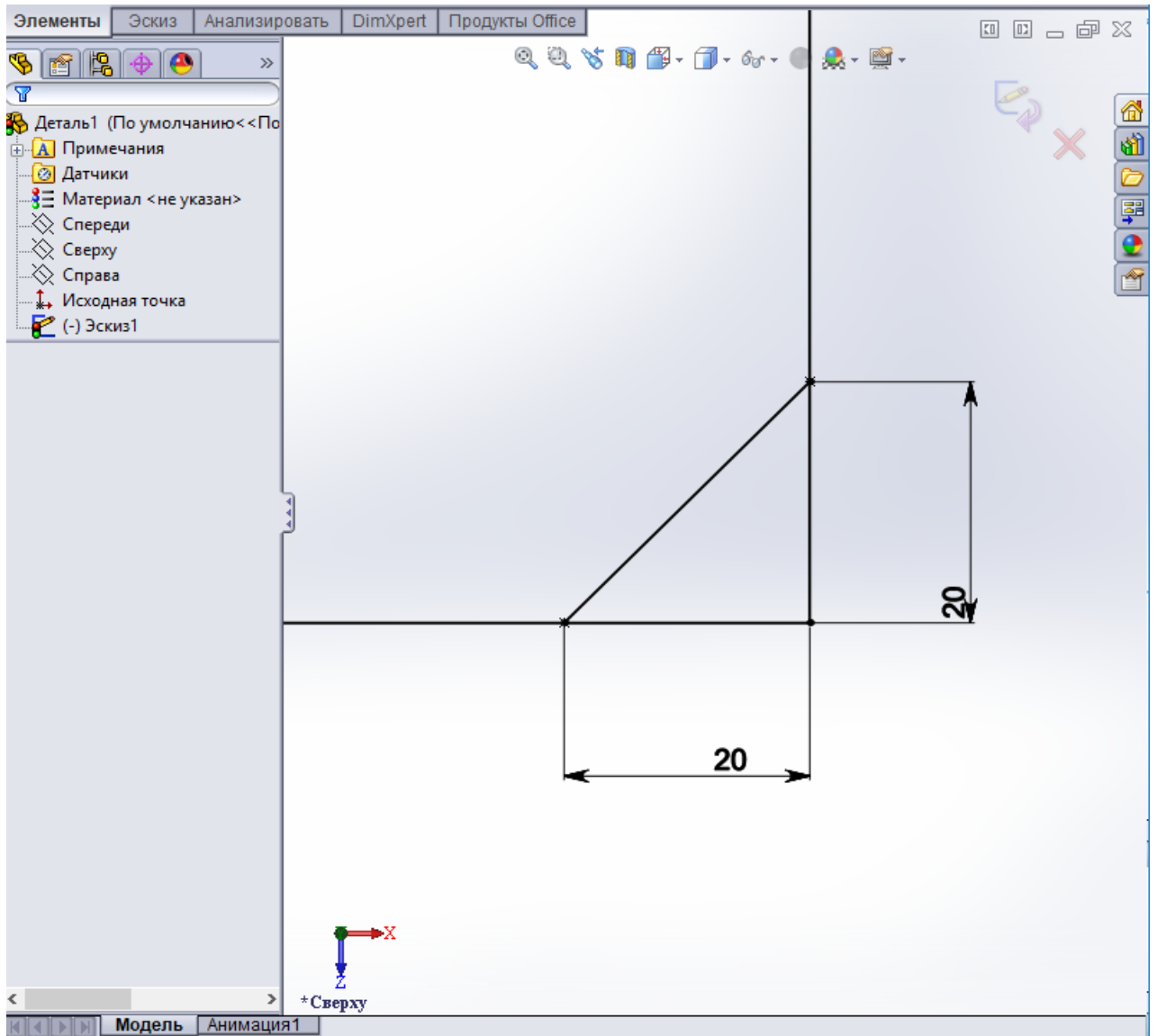


Рисунок В.9 – Вырез угла

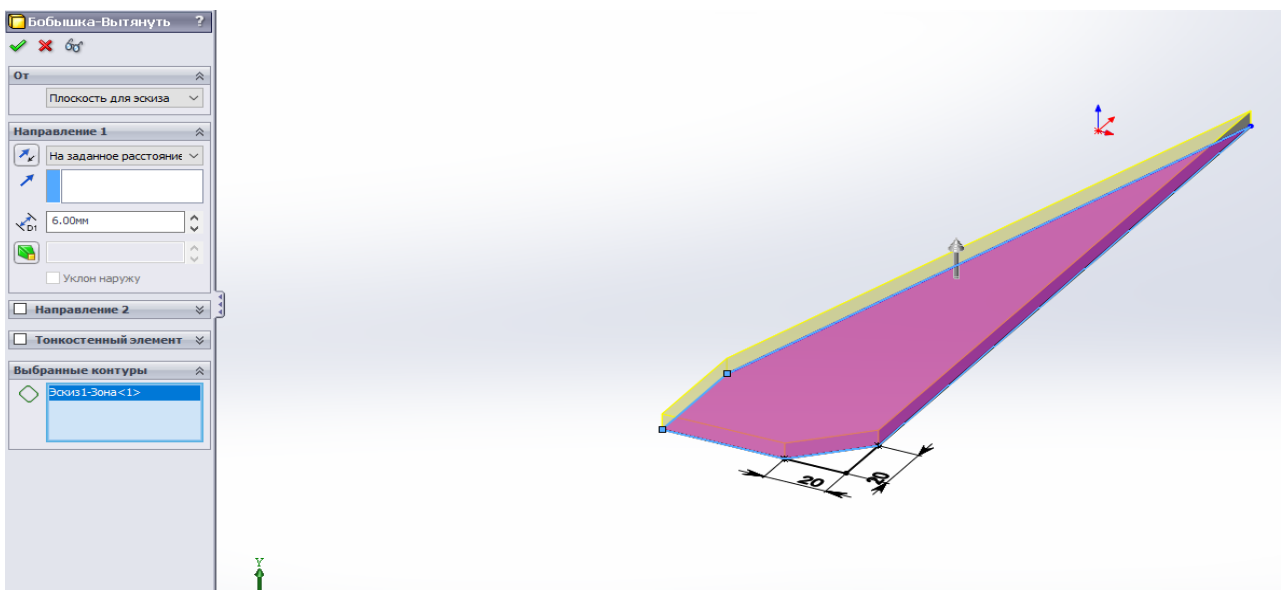


Рисунок В.10 – Ребро стойки

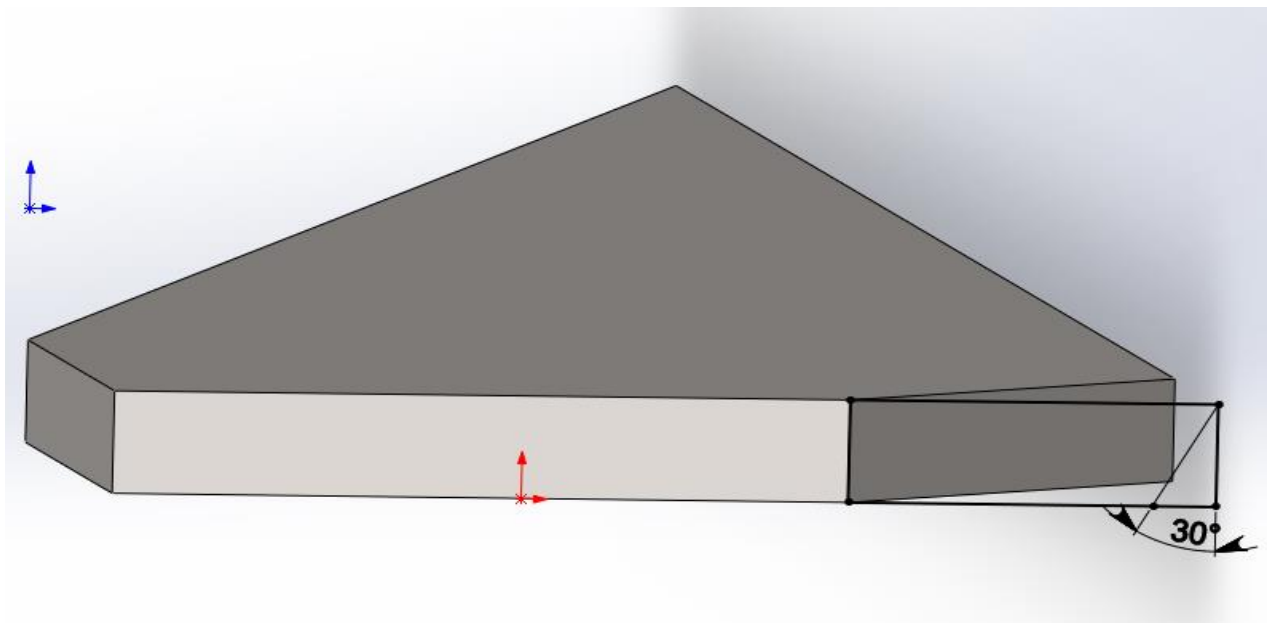


Рисунок В.11 – Создание угла на широкой грани ребра

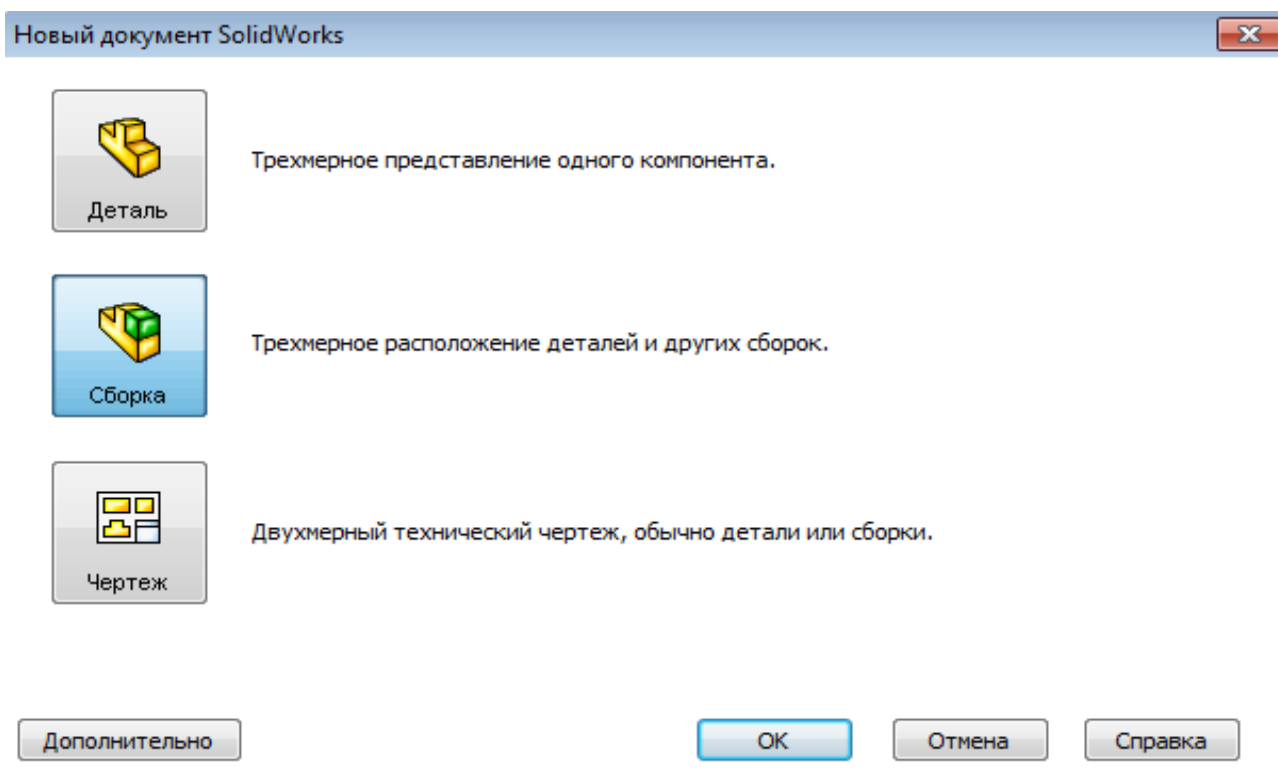


Рисунок В.12 – Создание сборки в программе *Solidworks*

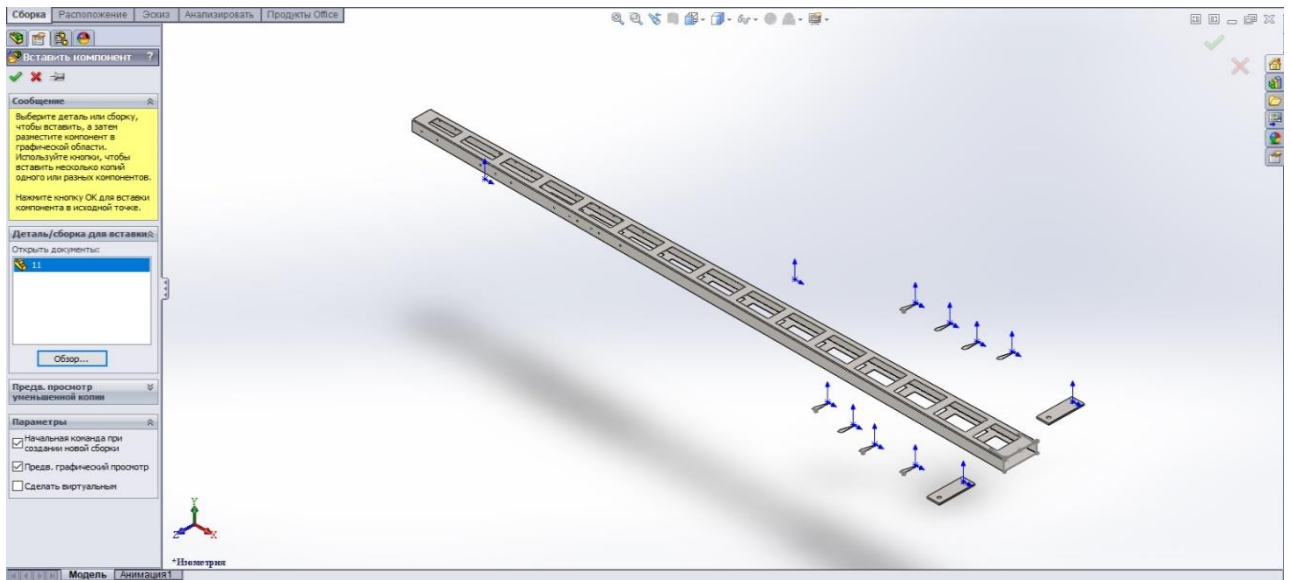
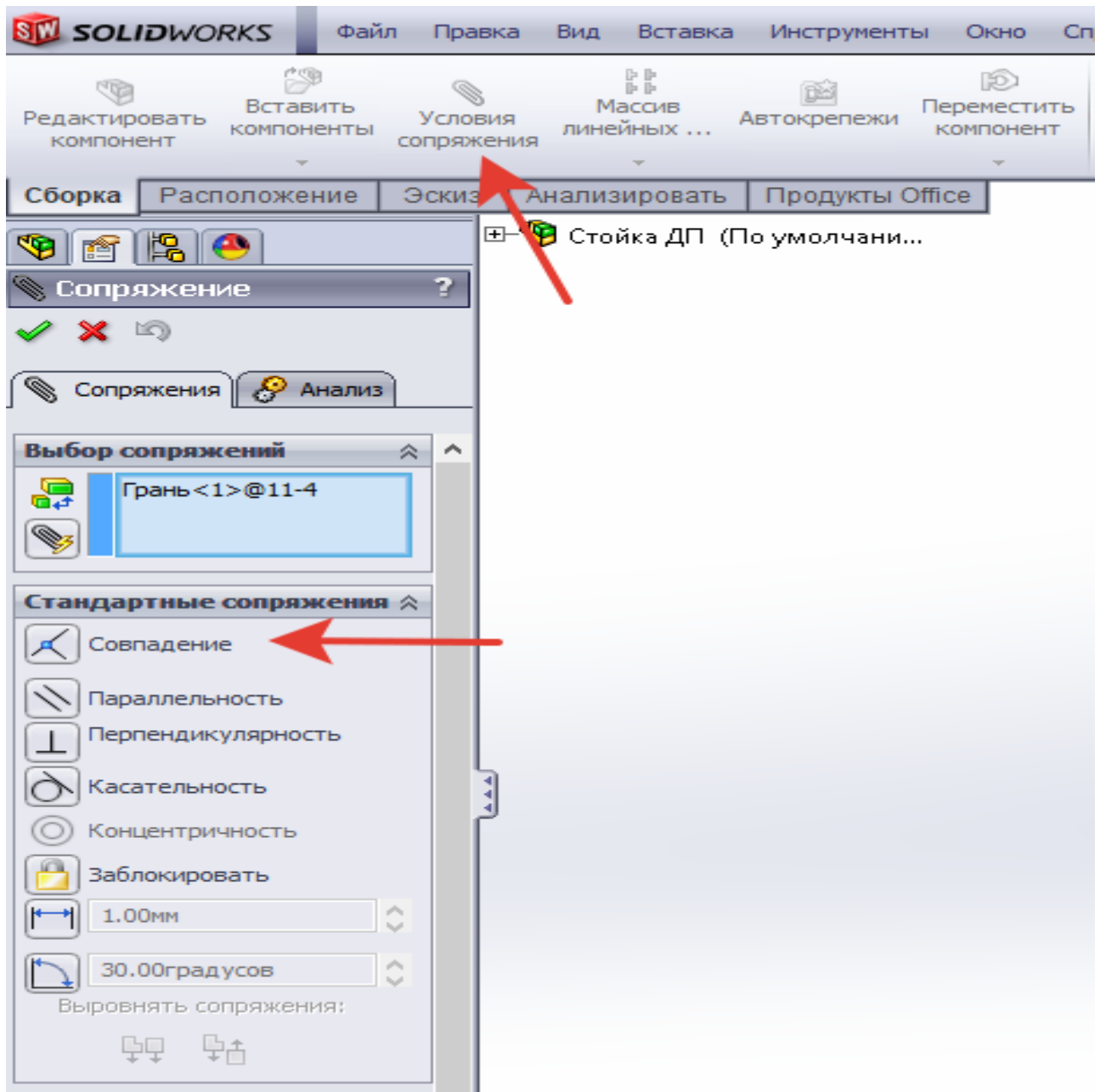


Рисунок В.13 – Элементы для сборки



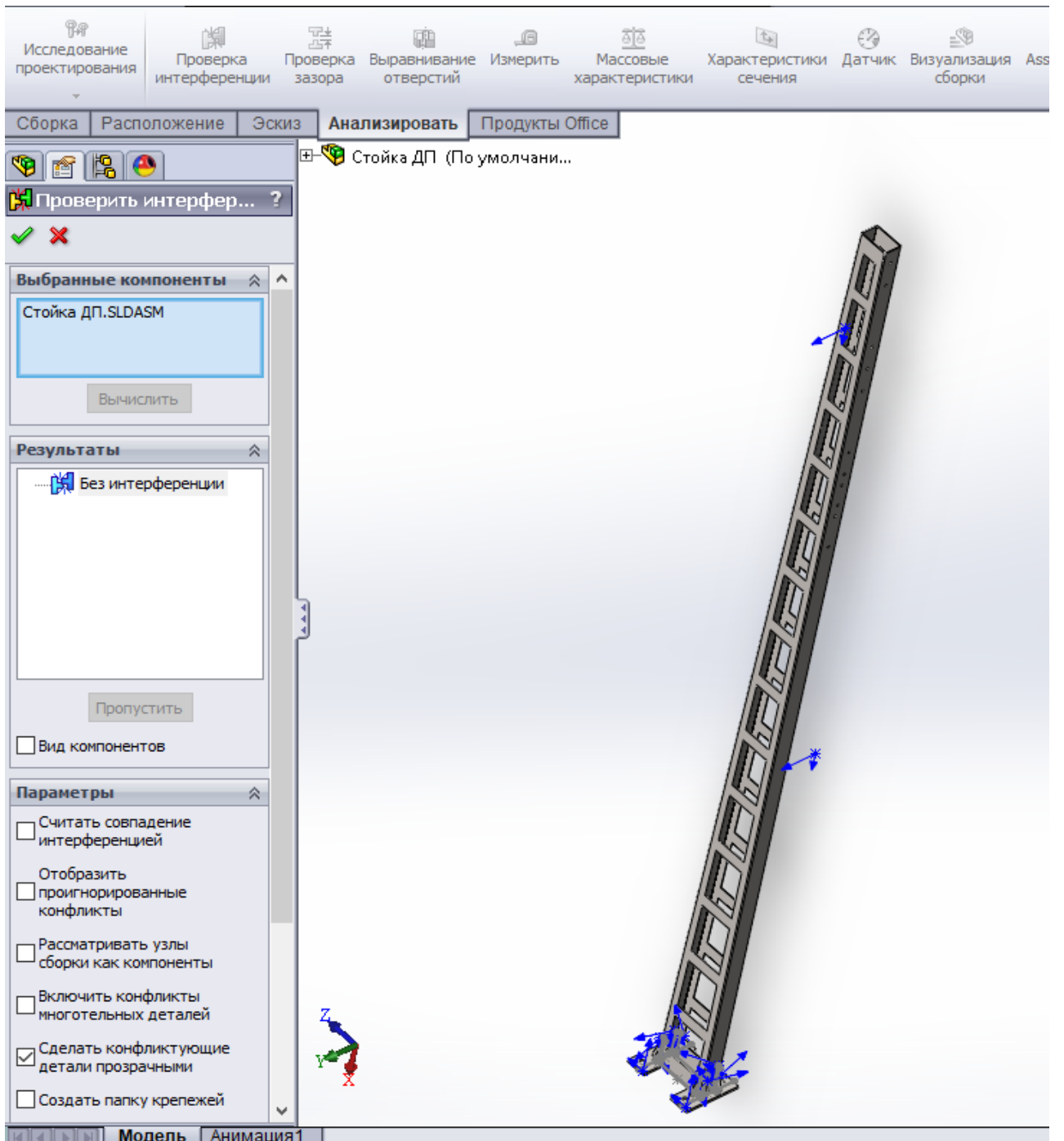


Рисунок В.15 – Проверка сборки на интерференцию

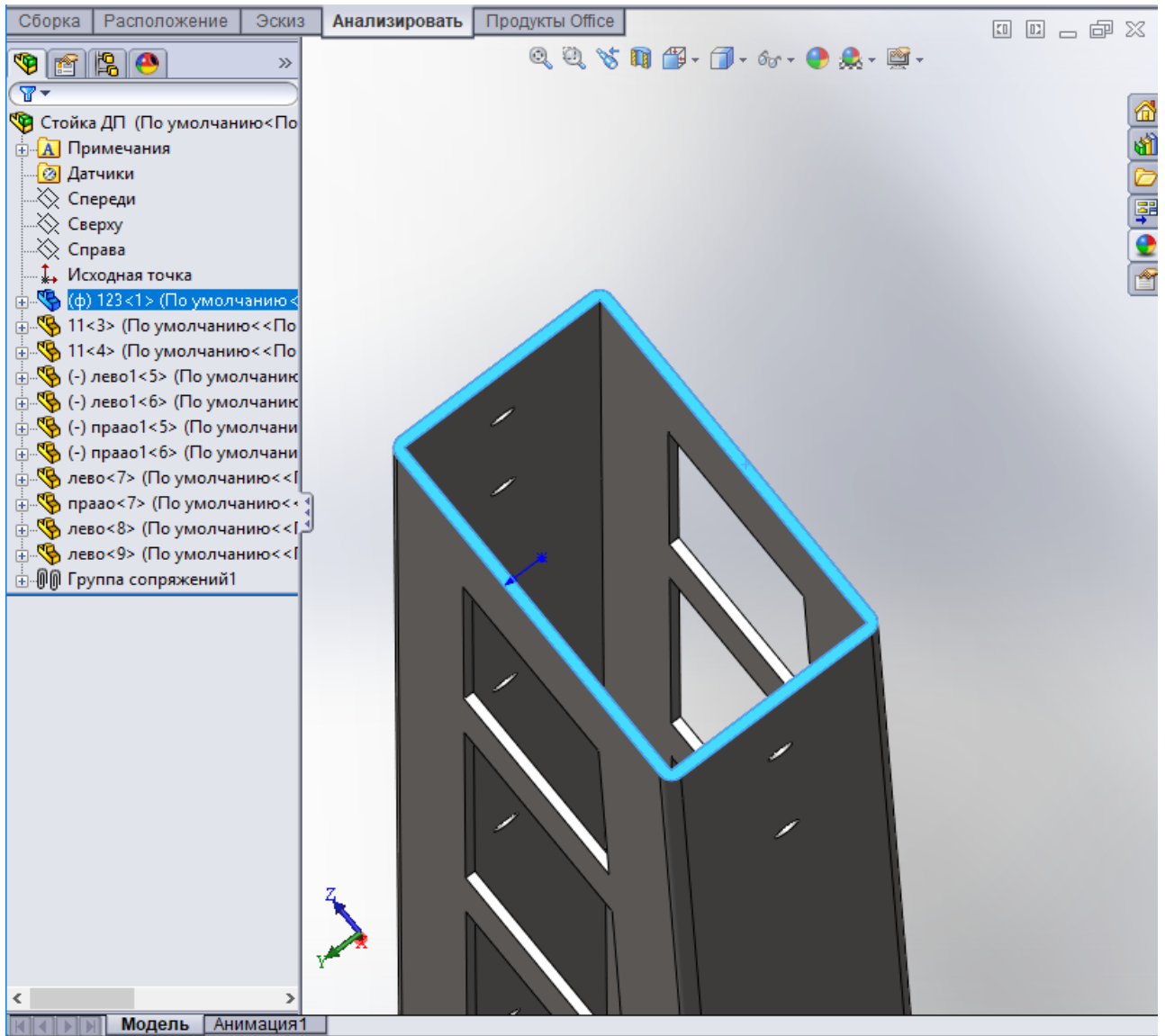


Рисунок В.16 – Выбор плоскости сечения

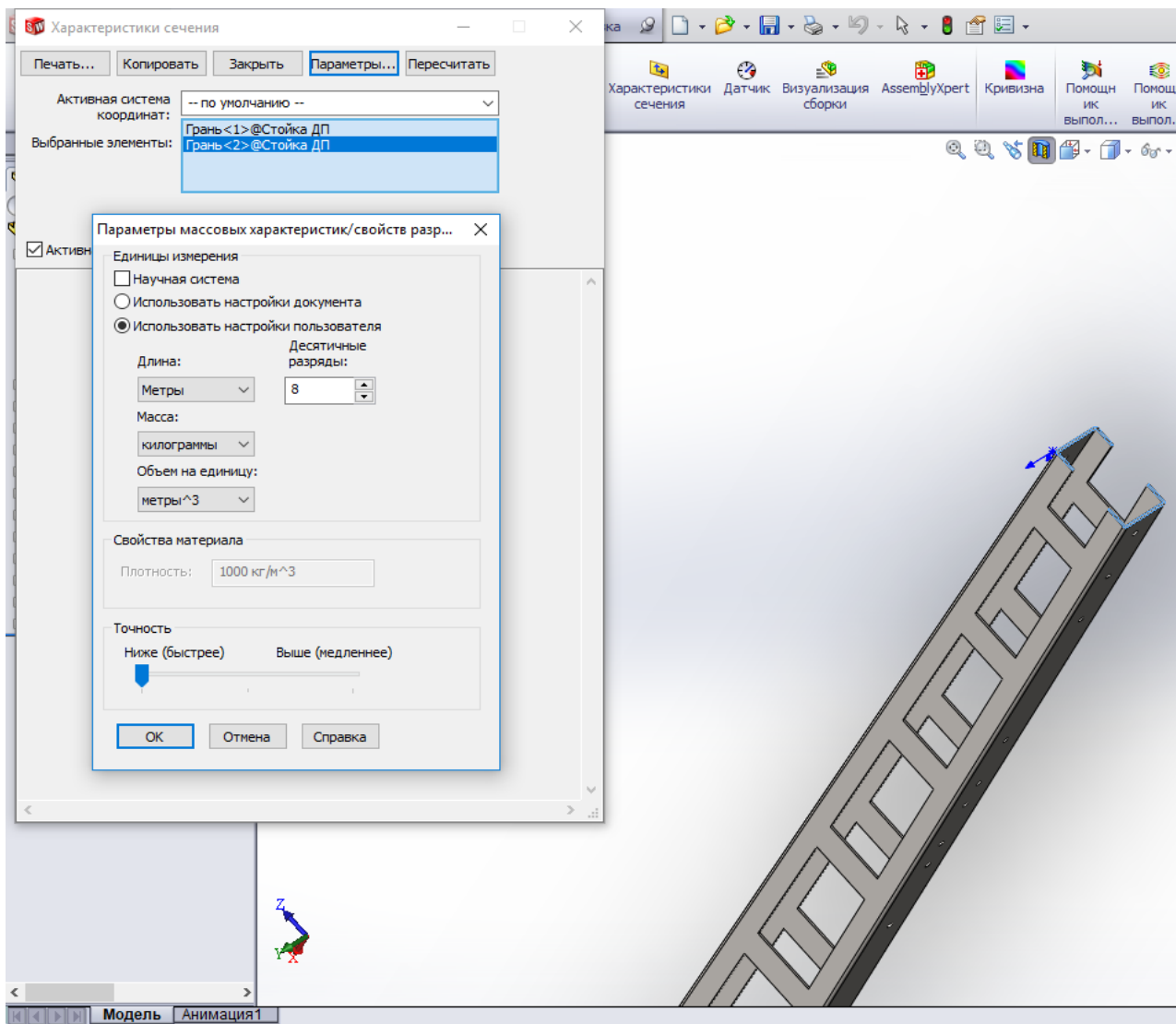


Рисунок В.17 – Настройка точности измерений

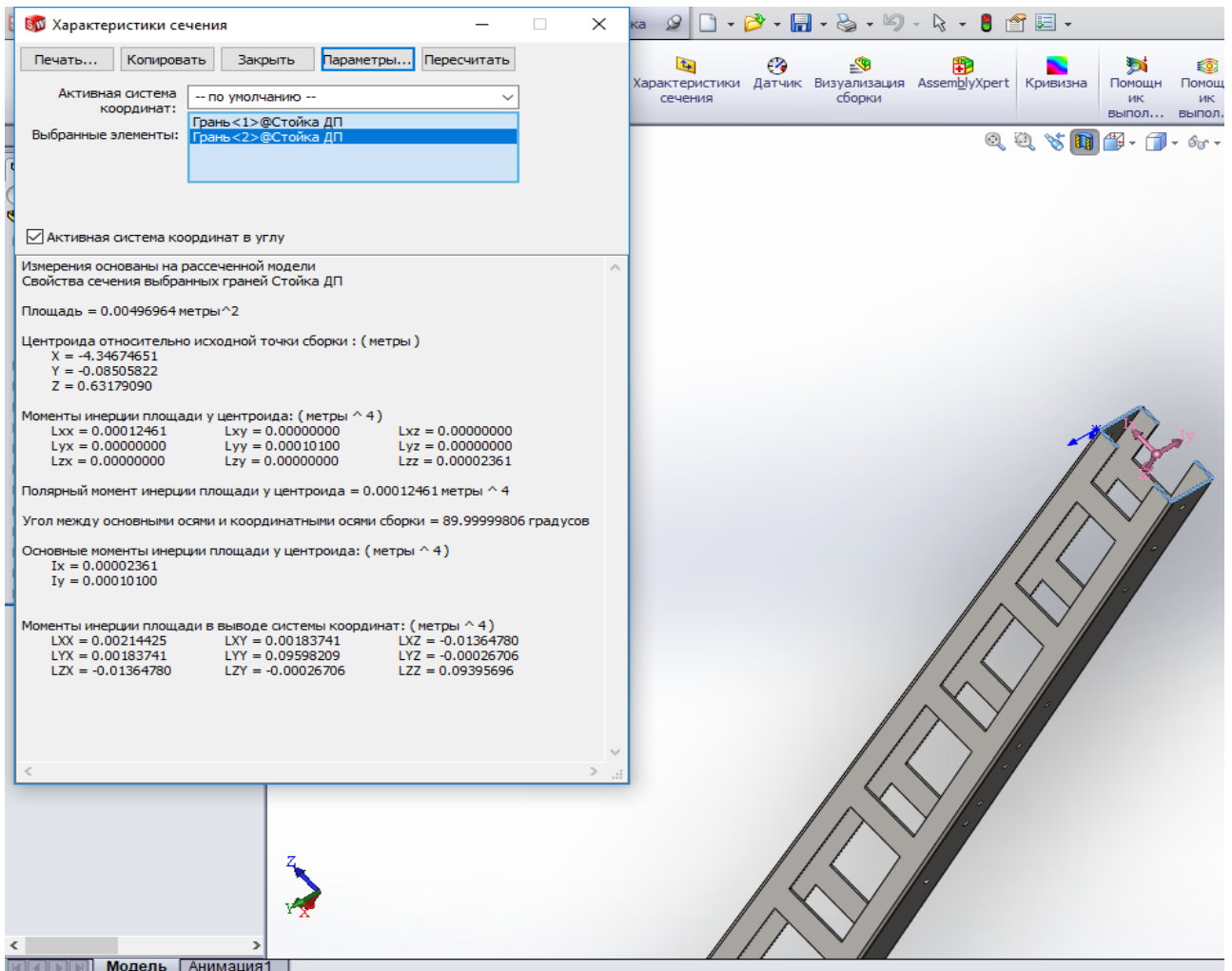


Рисунок В.18 – Результаты измерения моментов инерции стойки

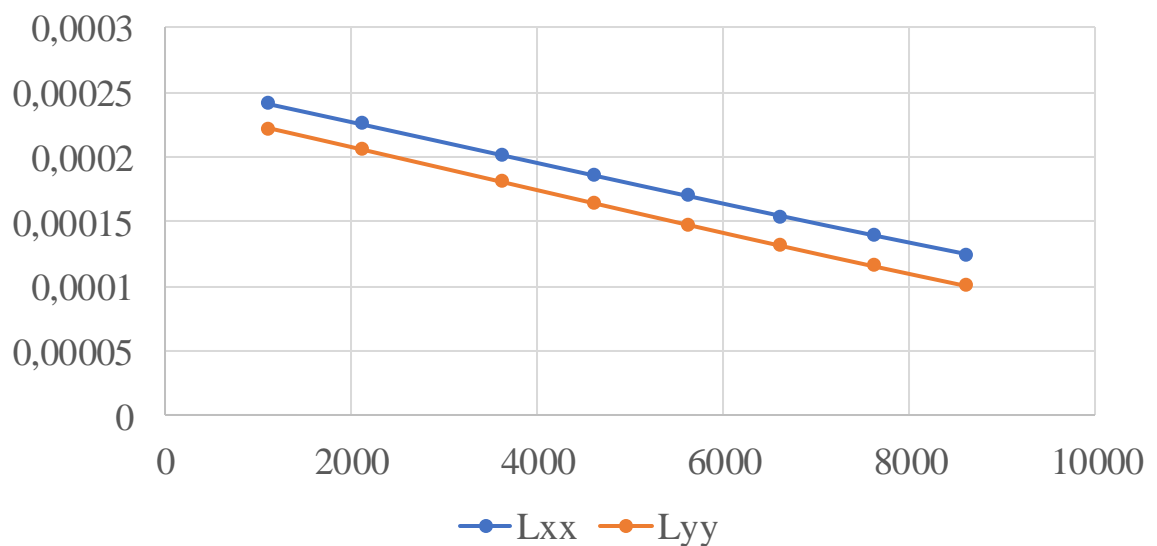


Рисунок В.19 – Зависимость момента инерции от высоты стойки

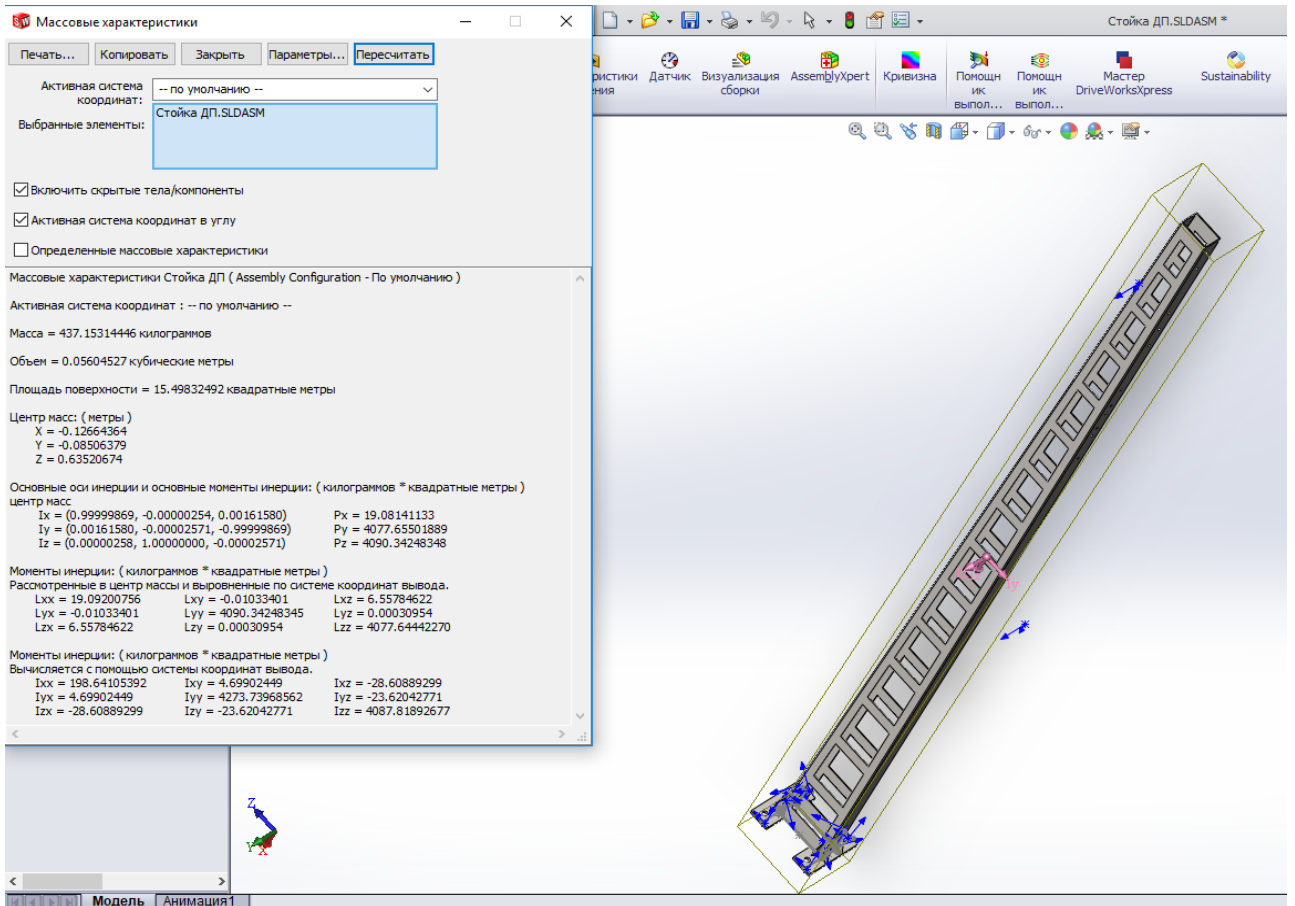


Рисунок В.20 – Массовые характеристики стойки



Рисунок В.21 – Крановая установка КЖТЭ 16

