

Федеральное государственное бюджетное учреждение дополнительного
профессионального образования
**«Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»**

МДК 01.02
**«УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СЕТЕЙ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ»**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по выполнению и защите курсового проекта профессионального модуля

**«УСТРОЙСТВО И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЙ И СЕТЕЙ»**

ПО ТЕМЕ:

«Контактная сеть проектируемого участка на постоянном токе»
«Контактная сеть проектируемого участка на переменном токе 1х25 кВ»

Для специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

Базовая подготовка
среднего профессионального образования

Методическое пособие рассмотрено и одобрено на заседании Учебно-методического совета по специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) Координационно-методического совета по подготовке специалистов со средним профессиональным образованием и профессиональной

Председатель УМС *Б.Г. Южаков*

Протокол № 15 от 3 – 4 марта 2016 г.

Автор – Чайкина Л.П., преподаватель Брянского филиала ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I».

Рецензент – Шелепо Т.П., преподаватель техникума филиала ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения».

Предложения и замечания просим направлять в филиал ФГБУ ДПО «УМЦ ЖДТ» в г. Ростов-на-Дону по адресу: 344019, г. Ростов - на - Дону, ул. 9-я Линия, д. 10. Тел.: 8(863) 253-51-65. E-mail: umc-don@mail.ru

© Чайкина Л.П., 2017

© ФГБУ ДПО « Учебно-методический центр
по образованию на железнодорожном
транспорте», 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Общие положения	7
1 Организация выполнения курсового проекта и перегона	7
1.1 Задание на курсовой проект	7
1.2 Руководство выполнением курсового проекта	8
2 Структура и содержание курсового проекта	10
3 Оформление курсового проекта	11
4 Методические указания к выполнению разделов пояснительной записки	15
4.1 Общие сведения	15
4.2 Выполнение курсового проекта	32
Приложения:	
Приложение 1 Примерная форма задания на курсовой проект	83
Приложение 2 Исходные данные	85
Приложение 3 Схемы станций	87
Приложение 4 Данные для трассировки контактной сети перегона	92
Приложение 5 Основные данные для расчёта	94
Приложение 6 Данные для выбора фиксирующих и поддерживающих устройств контактной сети и трассировки анкерных участков	99
Вопросы к защите курсового проекта	106
Список рекомендуемой литературы	108

ВВЕДЕНИЕ

Данные методические рекомендации разработаны в соответствии с требованиями ФГОС СПО и примерной программы профессионального модуля ПМ.01 «Устройство и техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей», МДК 01.02 «Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения» (Контактная сеть), предназначены для студентов специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям). Рекомендации разработаны для определенных тем: «Контактная сеть проектируемого участка на постоянном токе», «Контактная сеть проектируемого участка на переменном токе 1х25 кВ», но могут быть взяты за основу при выполнении проектов по другим темам данного междисциплинарного курса. Методические рекомендации не ограничивают инициативы преподавателей по тематике и содержанию курсового проекта.

В данных методических рекомендациях, предназначенных обучающимся и педагогическим работникам, кратко разъясняются общие правила организации выполнения курсовой работы.

Курсовое проектирование – один из видов промежуточной аттестации, цель которого закрепить, систематизировать и комплексно обобщить знания обучающихся по пройденному материалу междисциплинарного курса; способствовать развитию самостоятельной творческой работы; научить практическому применению полученных теоретических знаний при решении конкретных вопросов технического характера, умению использовать справочную литературу, типовые проектные решения и, другие нормативно-технические документы.

В методических рекомендациях раскрываются единые требования к содержанию, оформлению и выполнению курсового проекта на всех этапах, определяются состав и формы документов, связанных с курсовым проектированием, рекомендации по защите курсового проекта.

Курсовой проект должен иметь практическую направленность и может выполняться по предложению (заказу) предприятия. В последнем случае тематика курсового проекта может быть предложена предприятием.

Задача преподавателя — обеспечить подготовленность обучающихся к курсовому проектированию, поэтому необходимо ориентировать их на самостоятельное

изучение схемных решений конкретных монтажных планов контактной сети, научить пользоваться альбомами типового проектирования. Преподаватель должен выполнять функции консультанта, направлять обучающихся при решении конкретных задач.

Курсовой проект должен отвечать следующим обязательным требованиям:

- самостоятельность проектирования;
- использование литературы по теме курсового проекта;
- связь предмета проектирования с актуальными проблемами современной науки и практики;
- логичность изложения, убедительность представленного материала, аргументированность выводов и обобщений.

Курсовой проект выполняется в соответствии с индивидуальным заданием, в котором указываются исходные данные и вопросы, подлежащие разработке, а также сроки представления законченной работы и ее защиты.

Индивидуальные задания на курсовое проектирование составляется преподавателем по специальности, обсуждаются на заседании цикловой комиссии специальности и представляются на утверждение руководству.

В ходе выполнения курсового проекта перед обучающимися ставятся следующие задачи:

- 1) изучение нормативной, технической, справочной научной литературы по заданной тематике;
- 2) сбор необходимых проектных, нормативных материалов для принятия решений;
- 3) оформление курсового проекта в соответствии с требованиями, предъявляемыми к оформлению технической документации.

Курсовой проект обучающиеся начинают выполнять, изучив основные темы МДК 01.02. В результате выполнения курсового проекта по МДК 01.02 «Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения» обучающиеся должны показать свои

знания:

- устройств контактной сети и назначения основных элементов контактной сети;

- основ проектирования электрифицируемого участка контактной сети;
- условных графических обозначений элементов электрических схем;
- принципа расстановки опор контактной сети на станции и перегоне;
- логики построения схем и планов контактной сети, типовые схемные

решения;

умения:

- разрабатывать схемы питания и секционирования, планы контактной сети;
- использовать нормативную техническую документацию и инструкции;
- выбирать основные элементы контактной сети;
- оформлять результаты проделанной работы;

В приложениях к методическим рекомендациям приведены справочные материалы, необходимые для выполнения расчетов и выбора основных элементов контактной сети.

В процессе выполнения данного курсового проекта обучающиеся приобретают практический опыт построения монтажных планов контактной сети.

Пояснительная записка курсового проекта пишется разборчиво и аккуратно, без сокращений слов, за исключением общепринятых сокращений, а также установленных в стандартах. Пояснительная записка курсового проекта должна удовлетворять требованиям ГОСТ 2.105-95 * «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТ 2.106.68 * «Текстовые документы».

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Организация выполнения курсового проекта

1.1 Задание на курсовой проект

Согласно примерной программе модуля ПМ.01 «Устройство и техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей», МДК 01.02 «Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения» (Контактная сеть), предназначены для обучающихся специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям) предусмотрены следующие темы курсовых проектов:

- 1 «Контактная сеть проектируемого участка на постоянном токе»
- 2 «Контактная сеть проектируемого участка на переменном токе 1х25 кВ»

Задание по курсовому проектированию должно быть разнообразным по содержанию, но одинаковым по объёму и степени сложности с учётом времени, отводимого учебным планом на проектирование.

Задание по курсовому проекту (форма задания – в приложении 1) включает:

- тему проекта;
- исходные данные (Приложение 2);
- содержание, объем пояснительной записки и графического материала;
- перечень рекомендуемой литературы;
- дату выдачи задания и срок сдачи проекта.

Тема и исходные данные курсового проекта задаются преподавателем (согласно порядковому номеру обучающегося).

Исходные данные:

- характеристика цепной контактной подвески;
- метеорологические условия;
- рельеф местности,
- схема проектируемого участка контактной сети станции (приложение 3);
- данные для трассировки контактной сети перегона (приложение 4);

Исходные данные для курсового проектирования по темам приведены в таблицах приложения 2. Характеристика цепной контактной подвески и метеорологические условия выбираются из таблиц 2.1 и 2.2 (Приложение 2), при

этом номер варианта соответствует порядковому номеру студента, если номер от 1 до 15, и порядковый номер минус 15, если номер больше 15.

На станции применены: для боковых путей станции - одинарная цепная полукомпенсированная контактная подвеска со смещёнными от опор струнами типа ПБСМ-70 +МФ-85; для главных путей станции – одинарная цепная полукомпенсированная контактная подвеска с рессорным тросом, тип указан в таблице 2.1 (Приложение 2).

На перегоне: одинарная цепная компенсированная контактная подвеска с рессорным тросом, того же сечения, что и для главных путей станции.

Для станции и перегона при наличии двух контактных проводов принять расстояние между контактными проводами 60 мм.

Схемы станций выбираются из приложения 3, номер станции соответствует порядковому номеру студента, если номер от 1 до 10, и порядковый номер минус 10, если номер от 11 до 20, порядковый номер минус 20, если номер больше 20.

Данные для трассировки контактной сети на перегоне выбираются из приложения 4 (табл.4.1, 4 .2), номер варианта соответствует порядковому номеру студента, если номер от 1 до 10, и порядковый номер минус 10, если номер от 11 до 20, порядковый номер минус 20, если номер больше 20.

Задания разрабатываются преподавателем-руководителем, заполняются на бланке установленной формы, рассматриваются цикловой комиссией специальности 13.02.07, выдаются обучающимся своевременно.

После утверждения тем заданий на курсовой проект заместителем руководителя по направлению деятельности образовательной организации, обучающийся получает от руководителя бланк задания на выполнение курсового проекта (Приложение 1). Руководитель курсового проекта разъясняет назначение, цели и задачи проектирования, структуру и объем проекта, принципы его разработки, правила оформления, примерное время распределения времени на выполнение отдельных разделов проекта (план - график).

1.2 Руководство выполнением курсового проекта

Руководителем курсового проекта назначается лицо из преподавательского

состава по специальности, преподающий соответствующий раздел профессионального модуля. Руководитель, выдав задание на проект, разрабатывает календарный график, в котором указывается очередность и сроки выполнения разделов и подразделов курсового проекта, осуществляет общее руководство курсовым проектом, помогает обучающимся оценить возможные варианты предложенных ими проектных решений.

Обучающийся регулярно отчитывается перед руководителем, консультируется по вопросам, вызывающим затруднения. Руководитель просматривает результаты курсового исследования по мере готовности, оценивает объем выполненной работы в соответствии с планом – графиком.

По окончании выполнения проекта руководитель просматривает правильность и грамотность оформления пояснительной записки, графической части, их соответствие требованиям к оформлению, пишет отзыв (лист замечаний) о выполненном проекте.

В отзыве (листе замечаний) руководителя должно быть отражено:

- соответствие содержания работы теме и заданию;
- положительные стороны работы;
- недостатки и замечания по ходу выполнения курсового проекта;
- соблюдение требований к оформлению текстовой и графической документации;
- соответствие работы требованиям Федерального государственного образовательного стандарта;
- общая оценка работы по четырехбалльной системе («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

2 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части.

На титульном листе указывается полное наименование образовательной организации, тема курсового проекта специальность, фамилия и инициалы обучающегося, фамилия и инициалы руководителя проекта.

В пояснительной записке излагается основное содержание проекта, приводятся необходимые расчеты и технические решения. Пояснительная записка сопровождается схемами, эскизами и другими иллюстративными материалами.

Объем пояснительной записки не должен превышать 20 – 25 листов печатного текста (25 – 30 листов рукописного текста).

Графическая часть выполняется на миллиметровой бумаге с соблюдением требований ГОСТа. При выполнении графической части необходимо привести схемы двух монтажных планов контактной сети – станции и перегона.

Примерный объем пояснительной записки в процентном выражении (количество листов):

Введение - 5% (1-2)

Теоретические аспекты проектируемого участка -15% (3– 6)

Расчетно- технологическая часть- 30%(6-12)

Графическая часть - 50% (11 – 13).

Заключение 5% (1-2)

3 ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Текст пояснительной записки выполняют **рукописным или печатным способом** с высотой букв и цифр не менее 2,5 мм (шрифт Times New Roman – размер шрифта 14, межстрочный интервал 1,5, отступ абзаца – 10 мм). Текст форматируется по ширине листа.

При оформлении пояснительной записки компьютерным способом необходимо установить следующие параметры страницы (поля): сверху – 2 см; снизу – 3 см; справа – 1 см; слева – 3,5 см.

Текст пояснительной записки выполняется на одной стороне бумаги формата А 4 с рамкой установленного образца. Рисунки, графики, схемы могут быть выполнены с помощью компьютера.

Заголовком называют обозначение структурной части основного текста раздела. Заголовки выделяются сверху одним межстрочным интервалом – 10 мм. Заголовки разделов (глав) выполняют способом начертания или прописными **(ЗАГЛАВНЫМИ)** буквами. Высота букв, выровненных по левому краю, в рукописном выполнении – 7 мм (кегель 14). Если название раздела состоит из 2-х и более предложений, то межстрочный интервал - 5мм. (интервал 1).

Заголовки «СОДЕРЖАНИЕ», «ВВЕДЕНИЕ», «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО УЧАСТКА», «РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ», «ЗАКЛЮЧЕНИЕ», «СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ», располагают по центру страницы.

Введение пояснительной записки выполняется на листе формата А 4 с рамкой и «большим» штампом. Далее все листы пояснительной записки выполняются на листе формата А 4 с рамкой без штампа.

Расстояние между заголовком (подзаголовком) и текстом - 15 мм (интервал 1,5). Расстояние между заголовками раздела и подраздела - 8 мм (интервал 1)

Переносы слов в заголовках и подзаголовках **не допускаются**.

В конце заголовка (подзаголовка), вынесенного в отдельную строку, точку не ставят. Если заголовок состоит из двух самостоятельных предложений, между ними ставят точку, а в конце точку опускают. Заголовки и подзаголовки не следует подчеркивать, а также выделять толщиной линии. Не разрешается оставлять заголовок (подзаголовок) в нижней части страницы, помещая текст на следующей.

Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с нового листа (страницы).

В пояснительной записке осуществляется сквозная нумерация страниц арабскими цифрами.

Описки и графические неточности допускается исправлять подчисткой или закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста черными чернилами, пастой или тушью рукописным способом. Повреждения листов текстовых документов не допускаются.

Оформление иллюстраций. Количество иллюстраций должно быть достаточно для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации могут быть расположены как по тексту документа (возможно ближе к соответствующим частям текста), так и в конце его. Иллюстрации, за исключением иллюстраций приложений, следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Если рисунок первый по тексту, он обозначается – «Рисунок 1».

Иллюстрации при необходимости могут иметь наименования и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и его наименование помещают под изображением рисунка по центру на расстоянии 8 мм (интервал 1).

Требования по оформлению курсовых проектов могут быть разработаны образовательным учреждением самостоятельно.

При наличии однотипных расчетов в тексте приводится пример расчета, а далее результаты всех последующих расчетов следует оформлять в таблицах. Название таблицы размещают над таблицей после слова «Таблица ... », с выравниванием по левому краю, в конце заголовка точку не ставят. В таблицах допускается использовать шрифт 10, 12.

Формулы в пояснительной записке должны нумероваться сплошной нумерацией арабскими цифрами, которые записывают на уровне формулы справа в круглых скобках, например (1).

Формулы, на которых нет ссылок в тексте допускается не нумеровать.

Список рекомендуемых источников оформляется в соответствии с требованиями ГОСТа.7.1-2003 «Библиографическое описание документов. Общие требования и правила составления» и должен содержать все первоисточники (нормативная, справочная, техническая и др. литература), которые были

рекомендованы к использованию при разработке курсового проекта.

Список использованных источников и литературы должен содержать основную и дополнительную литературу. Основная рекомендуемая литература должна быть годом издания за последние пять лет.

Ссылки на литературу содержат номер источника по списку, заключенный в список источников приводится в алфавитном порядке фамилий авторов или названия работы, или в порядке упоминания источников литературы.

Графическая часть курсового проекта должна иметь объем не более 2 листов формата А1, состоять из технических документов и, возможно, плакатов.

Графическая часть курсового проекта наглядно показывает выполненную работу и помогает обучающимся кратко излагать его основные положения.

К графической части курсового проекта относятся схемы, чертежи, демонстрационные плакаты, выполненные вручную или в электронном виде. При выполнении курсового проекта применяются масштабные и немасштабные чертежи и схемы.

Схема – документ, на котором показаны в виде условных графических обозначений составные части изделия и связь между ними.

Общие требования к схемам определяются ГОСТом 2.701-2008. Схемы выполняют без соблюдения масштаба. Действительное пространственное расположение устройств может быть учтено приближенно или не учтено совсем.

Схема питания и секционирования станции и прилегающих перегонов выполняется на формате А4 на миллиметровой бумаге или на обычном листе печатной бумаги. Вставляется по ходу текста описания и нумеруется, как «Рисунок 1...».

Монтажные планы контактной сети станции и прилегающего перегона вычерчиваются на листах миллиметровой бумаги, по размерам кратных формату А4 (высотой 297 мм, длиной согласно длине контактной сети). Монтажный план станции вычерчивается в масштабе 1:1000 по заданной схеме (Приложение 3), монтажный план перегона в масштабе 1:2000 (Приложение 4). Монтажные планы станции и перегона могут быть выполнены в электронном виде на рулонной бумаге.

Технические графические документы должны выполняться в соответствии с требованиями стандартов на листах, снабженных рамками и основными надписями

по ГОСТу 2.104-2006, который располагается в правом нижнем углу поля чертежа.

Рекомендуется придерживаться примерной структуры курсового проекта:

Пояснительная записка

Введение

Глава 1 Теоретические аспекты проектируемого участка

- 1.1. Техническое описание заданной схемы станции и прилегающего перегона.
- 1.2. Разработка и описание схемы питания и секционирования станции и прилегающих перегонов (лист 1).
- 1.3. Мероприятия по охране труда и технике безопасности.

Глава 2 Расчетно-аналитическая часть

- 2.1 Определение нагрузок, действующих на провода контактной сети.
 - 2.2 Определение максимально допустимых длин пролётов.
 - 2.3 Технология выполнения трассировки контактной сети станции и прилегающего перегона
 - 2.4 Экономическая часть
- Заключение
- Список рекомендуемых источников

Графическая часть

- Лист 1. Схема питания и секционирования станции и прилегающих перегонов.
- Лист 2. Монтажный план станции (Вычерчивается на листе миллиметровой бумаги в масштабе 1:1000, лист 1).
- Лист 3. Монтажный план прилегающего перегона (Вычерчивается на листе миллиметровой бумаги в масштабе 1:2000, лист 2).

4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Общие сведения

На электрифицированных линиях электроподвижной состав получает питание через контактную сеть от тяговых подстанций, расположенных на таком расстоянии между ними, чтобы было обеспечено стабильное номинальное напряжение на электроподвижном составе и работала защита от токов короткого замыкания.

Контактная сеть является наиболее ответственной составной частью электрифицированных железных дорог. Контактная сеть должна обеспечивать надежное и бесперебойное снабжение электроэнергией подвижного состава в любых климатических условиях. Устройства контактной сети конструируют таким образом, чтобы они не ограничивали скорость, установленную графиком движения поездов, и обеспечивали бесперебойный токосъем при экстремальных температурах воздуха, в период наибольших гололедных образований на проводах и при максимальной скорости ветра в районе, где расположена дорога. Контактная сеть в отличие от всех других устройств системы тягового электроснабжения не имеет резерва. Поэтому к контактной сети предъявляют высокие требования, как по совершенствованию конструкций, так и по качеству выполнения монтажных работ и тщательному содержанию в условиях эксплуатации.

Контактная сеть представляет собой контактной подвеску, расположенную в правильном положении относительно оси пути с помощью поддерживающих, фиксирующих устройств, которые в свою очередь закреплены на опорных конструкциях.

Контактная подвеска в свою очередь состоит из несущего троса и присоединенного к нему посредством струн контактного провода (или двух контактных проводов).

На главных путях в зависимости от категории линии, а также на станционных путях, где скорость движения поездов не превышает 70 км/ч, должна применяться полукompенсированная цепная подвеска (КС-70) со смещенными от опор на 2—3 м вертикальными струнами и сочлененными фиксаторами.

На главных и приемо-отправочных путях, по которым предусматривается

безостановочный пропуск поездов со скоростью до 120 км/ч, используется полукомпенсированная рессорная подвеска КС-120 или компенсированная КС-140.

На главных путях перегонов и станций при скорости движения поездов более 120 (до 160) км/ч применяют, как правило, компенсированную рессорную подвеску с одним или двумя контактными проводами КС-160. На действующих электрифицированных линиях допускается до обновления или реконструкции эксплуатация полукомпенсированных рессорных подвесок КС-120 с сочлененными фиксаторами и компенсированных рессорных подвесок КС-140 — 160 км/ч.

На железных дорогах РФ существует несколько типов основных контактных подвесок, каждая подвеска выбирается для разных условий работы транспорта (скорость, токовые нагрузки, климатические и другие местные условия) на основании технико-экономического сравнения вариантов. При этом учитывается возможное в перспективе повышение скоростей и размеров движения поездов и массы грузовых поездов.

Опоры контактной сети в зависимости от назначения и характера нагрузок, воспринимаемых от проводов контактной подвески, разделяют на промежуточные, переходные, анкерные и фиксирующие.

Промежуточные опоры воспринимают нагрузки от массы проводов контактных подвесок и дополнительных нагрузок на них (гололед, изморозь) и горизонтальные нагрузки от давления ветра на провода и от изменения направления проводов на кривых участках пути.

Переходные опоры устанавливаются в местах устройства сопряжений анкерных участков контактных подвесок и воздушных стрелок и воспринимают нагрузки, аналогичные промежуточным опорам, но от двух контактных подвесок. На переходные опоры также воздействуют усилия от изменения направления проводов при отводе их на анкеровку и на стрелочной кривой.

Анкерные опоры могут воспринимать только нагрузки от натяжения закрепленных на них проводов или, кроме того, нести такие же нагрузки, как промежуточные, переходные или фиксирующие опоры.

Фиксирующие опоры не несут нагрузок от массы проводов и воспринимают только горизонтальные нагрузки от изменения направления проводов на кривых

участках пути, на воздушных стрелках, при отходах на анкеровку и от давления ветра на провода.

По типу закрепляемых на опорах поддерживающих устройств контактной сети различают:

консольные опоры с креплением на консоли контактной подвески одного, двух или нескольких путей;

опоры с жесткой поперечиной, или, как их называют, ригельные или порталные, с креплением контактных подвесок электрифицируемых путей на жесткой поперечине (ригеле);

опоры с гибкой поперечиной с креплением на ней контактных подвесок перекрываемых этой поперечиной электрифицируемых путей.

Для трассировки контактной сети на однопутных и двухпутных участках (перегонах) применяют струнобетонные конические опоры высотой 13,6 м и толщиной стенки бетона 60 мм типа С для участков переменного тока и СО для участков постоянного тока. В последнее время на постоянном и переменном токе внедряются опоры СС, ССА (Рис.1).

Стойки этих опор представляют собой полые конические бесстыковые трубы из предварительно напряжённого железобетона с армированием высокопрочной проволокой. Поперечное армирование принято в виде спирали. Для предотвращения стягивания продольной арматуры при навивке спирали по длине стоек предусмотрена установка монтажных колец.

В нижней части опор предусмотрено смешанное армирование – т.е. с установкой дополнительных стержней ненапрягаемой арматуры: у опор с высотой стойки 10,8 м на 2 метра от низа опоры, у опор высотой 13,6 м – на 4 метра. Смешанное армирование повышает трещиностойкость опор.

Важнейшей характеристикой опор является их несущая способность – допустимый изгибающий момент M_0 на уровне условного обреза – УОФ, который находится на 500 мм ниже уровня головки рельса (УГР). По несущей способности подбирают типы опор для применения в конкретных условиях установки.

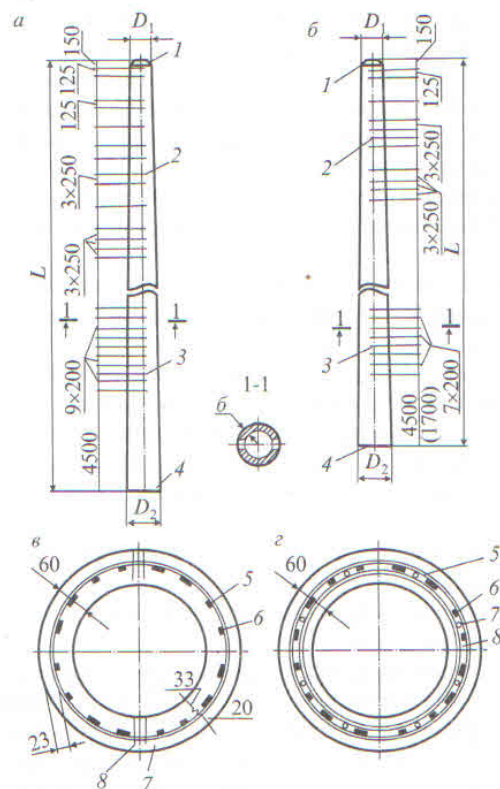


Рис. 1. Железобетонные опоры контактной сети: *а* — центрифугированные стойки типов С, СС, СО длиной 15,6 м; *б* — то же 13,6 м, 10,8 и 10,4 м; *в* — армированные стойки типа С; *г* — то же СС и СО; 1 — заглушка; 2 — отверстия диаметром 35 мм для закладных деталей; 3 — вентиляционные отверстия диаметром 24 мм; 4 — заглушка нижняя; 5 — спираль; 6 — струны из высокопрочной проволоки; 7 — стержневая арматура; 8 — монтажное кольцо $D_1 = 290$ мм (для всех опор), $D_2 = 446$ мм — для стоек длиной 10,4 м, 450 мм — для стоек длиной 10,8 м, 492 мм — для стоек длиной 13,6 м, 524 мм — для стоек длиной 15,6 м

Железобетонные стойки имеют отверстия: в верхней части — для закладных деталей опор, в нижней — для вентиляции (для уменьшения влияния перепада температур наружной и внутренней поверхностей).

Для установки железобетонных опор применяют стаканые фундаменты типа ДС-6 и ДС-10. Фундаменты ДС состоят из двух основных конструктивных частей: верхней — стакана и нижней — фундаментной части. Верхняя часть представляет собой железобетонный стакан прямоугольного сечения. Нижняя часть фундаментов ДС имеет двутавровое сечение. Сопряжение верха фундамента с нижней двутавровой частью выполнено в виде пирамидального конуса.

Для закрепления оттяжек анкерных железобетонных опор в грунте использованы двутавровые анкеры типа ДА-4,5. Анкеры изготовлены таких же размеров, как фундамент ДС, но без стаканной части. Для закрепления оттяжек в верхней части анкера заложены проушины из полосовой стали.

Заземление опор контактной сети выполнено индивидуальными заземляющими проводниками, присоединёнными к тяговым рельсам с использованием искровых промежутков, а также тросом группового заземления для опор, стоящих за платформой.

Выбор опор начинают, как правило, с расчёта и подбора опор для кривых участков пути, т.к. эти условия установки опор являются наиболее отягощёнными, особенно в кривых малых радиусов.

Для расчёта необходимо составить расчётную схему, показав на ней все силы, действующие на опору, и плечи этих сил относительно точки пересечения оси опоры с УОФ. Расчет суммарных изгибающих моментов в основании опор определяют для трех расчетных режимов по нормативным нагрузкам: в режимах гололеда с ветром, максимального ветра, минимальной температуры. По наибольшему из полученных моментов и выбирают опору для установки.

Для поддержания проводов на заданном уровне от головки рельсов служат поддерживающие устройства - кронштейны с тягами, называемые консолями, которые классифицируются:

- по числу перекрываемых путей —однопутные, в соответствии с рисунком 2 (а, б, в); двухпутные, в соответствии с рисунком 2 (г, д); в некоторых случаях трехпутные;
- по форме — прямые, изогнутые, наклонные;
- по наличию изоляции — неизолированные и изолированные.

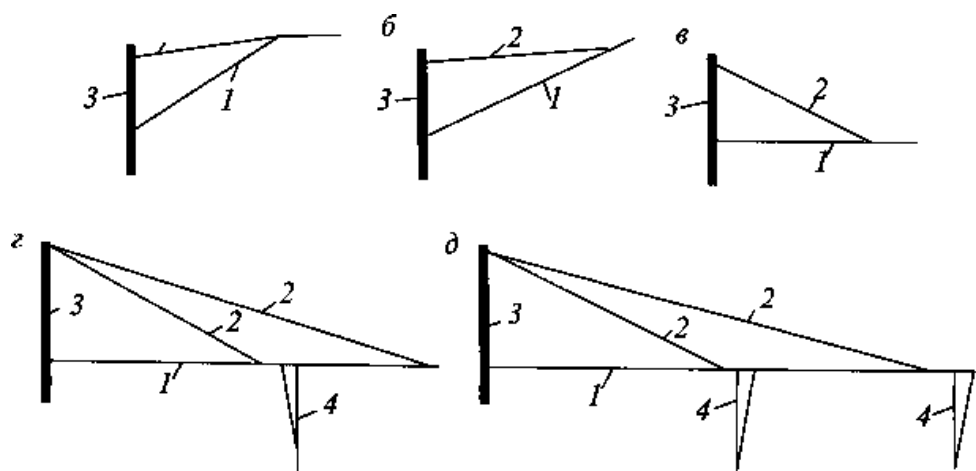


Рисунок 2 Консоли контактной сети

а – изогнутая наклонная консоль; б – прямая наклонная консоль; в – прямая горизонтальная; г – двухпутная горизонтальная с одной фиксаторной стойкой;

д – двухпутная горизонтальная с двумя фиксаторными стойками; 1 – кронштейн;

2 – тяга; 3 – опора; 4 – фиксаторная стойка.

Консоли, используемые для крепления проводов цепной контактной подвески, как правило, выбирают однопутные – исключаящие механическую связь с другими подвескам. По степени изоляции они могут быть неизолированные от опоры контактной сети, и изолированные. По типу расположения кронштейна бывают наклонные, изогнутые и горизонтальные консоли. Наклонные изолированные консоли независимо от габарита опоры оборудуют подкосами.

При трассировке контактной сети тип консолей выбирают в зависимости от вида опорного устройства (консольная опора, жесткая поперечина), габарита, места установки (прямой участок, внутренняя или внешняя сторона кривой) и назначения опоры (промежуточная, переходная), а также действующих на консоли нагрузок. При подборе консольных устройств для переходной опоры необходимо учитывать вид сопряжения анкерных участков контактных подвесок, расположение рабочей и анкеруемой ветвей подвески относительно опоры и какая из ветвей крепится на данной консоли.

Консоль состоит из кронштейна, тяги и подкоса; она крепится к опоре шарнирно с помощью пяты и удерживается на опоре с помощью тяги. Пяты консолей и тяг могут быть поворотными и неповоротными; консоли, имеющие также поворотные узлы, называют поворотными. Тяги консолей в зависимости от направления приложения нагрузок могут быть растянутые и сжатые.

Однопутные консоли могут быть: *неизолированные*, когда изоляторы расположены между несущим тросом и кронштейном и в фиксаторе; *изолированные*, в соответствии с рисунком 4, когда изоляторы вмонтированы в кронштейн, тягу и подкос у опоры; *изолированные с усиленной (двойной) изоляцией*, у которых изоляторы имеются как в кронштейне, тяге и подкосе у опор, так и между несущим тросом и кронштейном.

В последние годы устанавливают изолированные (Рис.3) или неизолированные сдвоенные прямые наклонные консоли (Рис.4) при нормальных и увеличенных габаритах, кронштейн которых имеет прямую форму и состоит из двух швеллеров с соединительными планками или из труб.

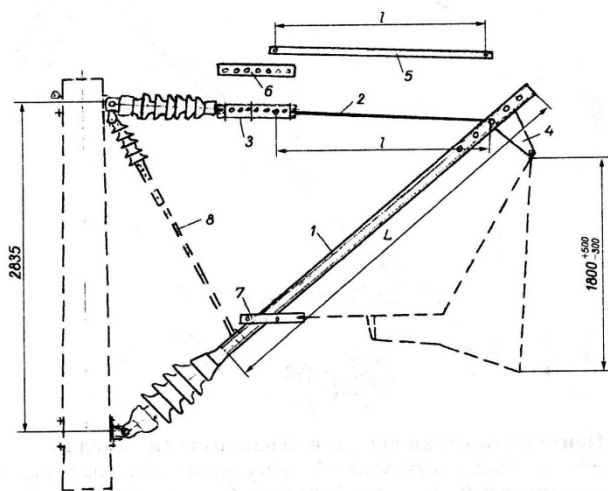


Рисунок 3– Изолированная наклонная однопутная консоль:

1 – кронштейн; 2 – тяга (растянутая); 3 – регулировочная пластина; 4 – бугель с серьгой пластинчатый; 5 – тяга (сжатая); 6 – регулировочная труба; 7 – кронштейн фиксаторный; 8 – подкос.

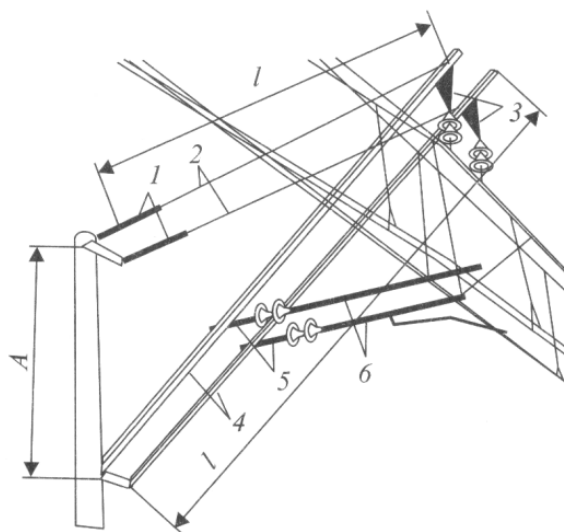


Рисунок 4 - Неизолированные прямые наклонные консоли

1- регулируемая вставка; 2- тяга консоли; 3 – бугель; 4- кронштейн прямой; 5- фиксаторные кронштейны; 6- фиксаторы.

Динамическая устойчивость к нажатию токоприемника достигается более совершенной конструкцией контактной подвески. Вертикальность подвески КС-200

с фиксированным положением относительно оси пути несущего троса обеспечивает большую ветровую и динамическую устойчивость, чем традиционные подвески для крепления несущего троса главных путей с зигзагом, соответствующим зигзагу контактного провода; применены изолированные горизонтальные с подкосом консоли из стальных оцинкованных или алюминиевых труб с закреплением несущего троса в поворотном опорном седле, подвешенном на горизонтальном стержне консоли. Конструкция консолей разработана для габаритов 3,3—3,5 м; 4,9 м; 5,7 м и обеспечивает удобство, быстроту и точность их сборки. Дополнительные фиксаторы — из алюминиевого профиля, без ветровых струн; стойки сочлененных фиксаторов — стальные, оцинкованные. Однопутные изолированные консоли компенсированной контактной подвески главных путей на перегонах и станциях устанавливаются на опорах или на жестких поперечинах на консольных стойках. (Рис 5.)

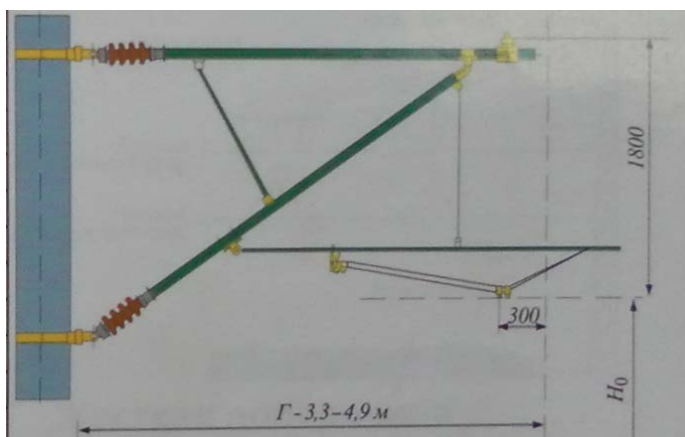


Рисунок 5 - Негоризонтальная изолированная консоль

Для контактной сети переменного тока как правило применяют изолированные консоли, а для контактной сети постоянного тока — неизолированные.

Прямые наклонные неизолированные консоли из двух швеллеров обозначаются буквами НР (Н — наклонная, Р — растянутая тяга) или НС (С — сжатая

тяга), из трубы – буквами ИТР (Т – трубчатая) и ИТС.

Изолированные консоли из трубы обозначают ИТР (И – изолированная) или ИТС, а из швеллеров – ИС или ИР. Римская цифра указывает на номер типа консоли по длине кронштейна, арабские цифры – на номер швеллера, из которого изготовлен кронштейн консоли, буква **п** – на наличие подкоса, буква **у** – на усиленную изоляцию. Наклонные изолированные консоли независимо от типа и габарита опоры должны быть оборудованы подкосами.

На многопутных участках железной дороги (станциях), а также в случае установки опор с увеличенным габаритом в выемках за кюветом, применяют жесткие поперечины. Жесткие поперечины (ригели) представляют собой металлические фермы с параллельными поясами и раскосой треугольной решеткой с распорками в каждом узле. Для усиления в узлах устанавливают еще одну распорку по диагонали. Отдельные блоки фермы стыкуют между собой накладками из угловой стали (приварными или болтовыми). В зависимости от количества путей, перекрываемых жесткими поперечинами, они могут иметь длину от 16,1 до 44,2 м и собираться из двух, трех и четырех блоков. Жесткие поперечины расчетной длиной более 29,1 м, на которые устанавливаются прожекторы для освещения путей станций, оборудуются настилом и перильным ограждением. Ригели жестких поперечин рамного типа установлены на железобетонных стойках типа С и СА длиной 13,6 м и 10,8 м.

Устройства, с помощью которых контактные провода удерживаются в горизонтальной плоскости в требуемом положении относительно оси пути (оси токоприемника), называются фиксаторами.

На главных путях перегонов и станций и приемоотправочных путях, где скорость движения превышает 50 км/ч, устанавливают сочлененные фиксаторы, состоящие из основных и легких дополнительных стержней, связанных непосредственно с контактным проводом.

Опрокидывание фиксаторов скоростной контактной подвески (КС-200) предотвращается ненагруженной ветровой струной длиной 600 мм, соединяющей дополнительный стержень фиксатора с основным стержнем (Рис.7).

Прямые фиксаторы используют при минусовых (к опоре) зигзагах контактного

провода или при горизонтальном усилии, направленном от опоры в случае изменения направления контактного провода; обратные фиксаторы— при плюсовых(от опоры) зигзагах контактного провода или горизонтальном усилии к опоре (поддерживающему устройству).

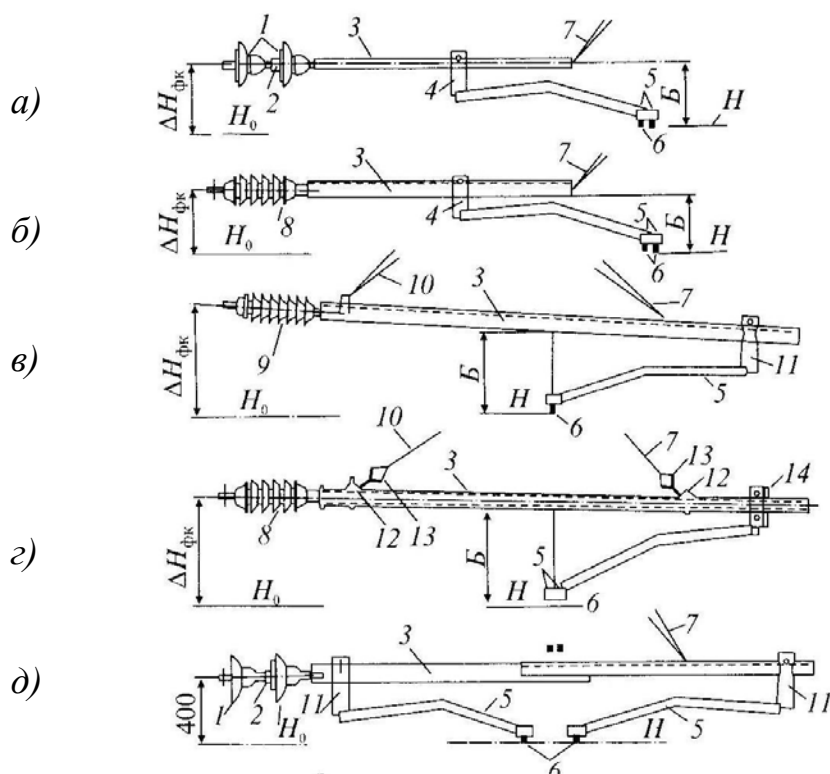


Рисунок 6 Типы фиксаторов

а – ФП-3; б – УФП; в – ФО-25; г – УФО; д – ФР; 1, 8, 9 – изоляторы; 2 – деталь сочленения; 3 – стержень основной; 4 и 11 – стойки прямого и обратного фиксаторов; 5 – фиксатор дополнительный; 6 – зажим фиксирующий; 7 и 10 – наклонные и страхующие струны; 12 – держатели струны и контактного провода; 13 – коуш стальной; 14 – стойка фиксатора УФО.

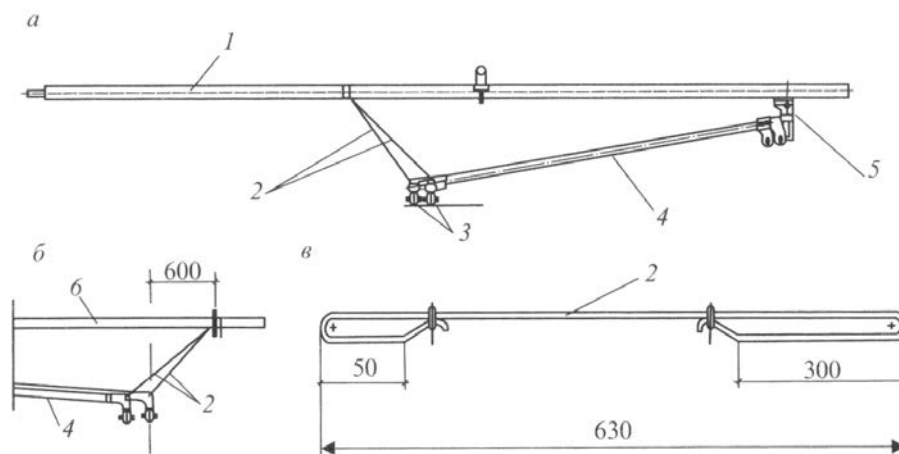


Рисунок 7 Фиксатор обратный с ветровой струной

а — схема установки ветровой струны на обратном фиксаторе; б — схема установки ветровой струны на прямом фиксаторе; в — общий вид ветровой струны; 1 — стержень основного обратного фиксатора; 2 — ветровая струна; 3 — зажим фиксирующий; 4 — фиксатор дополнительный; 5 — стойка; 6 — стержень основного прямого фиксатора.

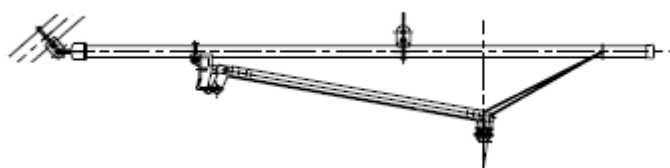


Рисунок 8 - Прямой фиксатор ФП с ветровой струной

При больших усилиях (более 200Н) от изменения направления контактного провода на внешней стороне кривой монтируют гибкие фиксаторы. В Правилах устройства и технической эксплуатации контактной сети [6] определены условия установки гибких фиксаторов.

В обозначениях фиксаторов буквы и цифры указывают на его конструкцию, напряжение в контактной сети, для которого он предназначен, и геометрические размеры: Ф — фиксатор, П — прямой, О — обратный, А — анкеруемой ветви, Т — троса анкеруемой ветви, Г — гибкий, С — воздушных стрелок, Р — ромбовидных подвесок, И — изолированных консолей, У — усиленный, цифра 3 — на напряжение 3кВ (для линий постоянного тока), 25 — на напряжение 25кВ (для линий переменного тока);

римские цифры I, II, III и т.д. – характеризуют длину основного стержня фиксатора.

Длины основных стержней фиксаторов выбирают в зависимости от габарита установки опор, направления зигзага контактного провода, длины дополнительного стержня. Длина дополнительного стержня принята 1200мм.

Фиксаторы для изолированных консолей отличаются от фиксаторов для неизолированных консолей тем, что на конце основного стержня, обращенном к консоли, вместо стержня с нарезкой для соединения с изолятором приварено ушко для соединения с консолью.

В тех местах, где пересекаются электрифицированные железнодорожные пути, в контактной сети образуется пересечение соответствующих контактных подвесок, которое называется воздушной стрелкой. Воздушные стрелки должны обеспечивать плавный, без ударов и искрений, переход полоза токоприемника с контактных проводов одного пути (съезда) на контактные провода другого, свободное взаимное перемещение подвесок, образующих воздушную стрелку, и минимальное взаимное вертикальное перемещение контактных проводов в зоне подхвата полозом токоприемника провода примыкающего пути.

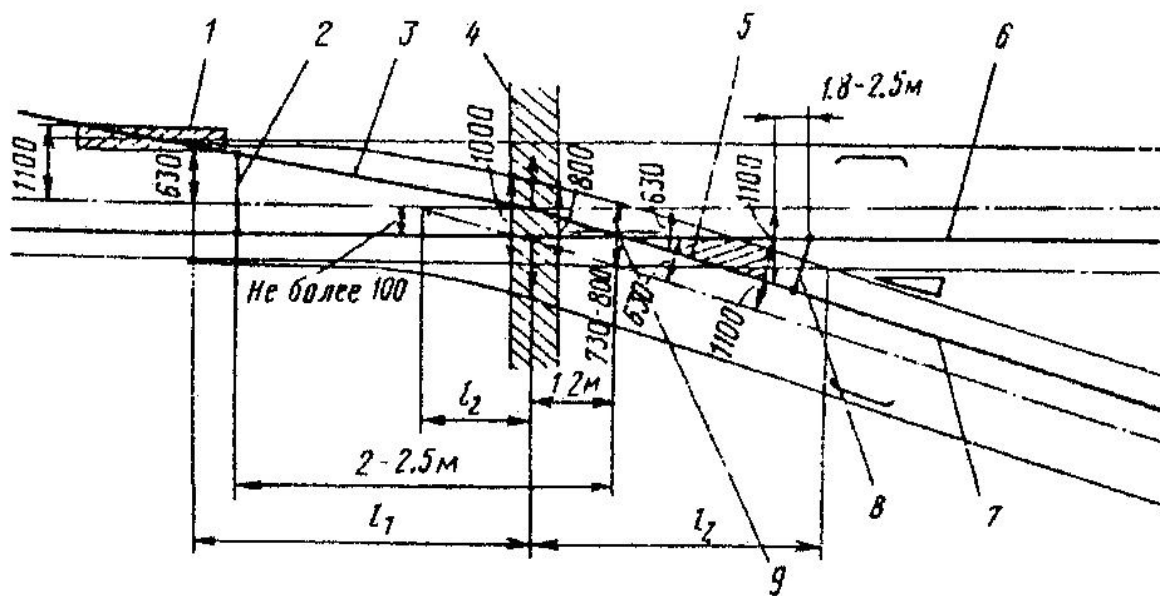


Рисунок 9 – Схема воздушной стрелки контактной сети.

1 — зона прохода нерабочей части полоза токоприемника под нерабочей частью контактного провода; 2 — основной электрический соединитель; 3 — нерабочая ветвь контактного провода; 4 — область расположения

фиксирующего устройства; 5 — зона подхвата ползком токоприемника контактных проводов; 6 — контактный провод прямого пути; 7 — контактный провод отклоненного пути; 8 — дополнительный электрический соединитель; 9 — место пересечения контактных проводов.

Воздушные стрелки над обыкновенными и перекрестными стрелочными переводами и над глухими пересечениями путей должны быть фиксированными с обеспечением возможности взаимных продольных перемещений контактных проводов. На второстепенных путях допускается применять нефиксированные воздушные стрелки [6].

Для крепления контактных проводов к несущему тросу в цепных подвесках служат струны. Струны должны обеспечивать эластичность подвески, а в полукompенсированной цепной подвеске также возможность свободных продольных перемещений контактного провода относительно несущего троса при изменениях температуры. Материал струн должен иметь необходимую механическую прочность, долговечность и стойкость к атмосферной коррозии. Связь между контактным проводом и несущим тросом не должна быть жесткой, поэтому струны изготавливают отдельными звеньями.

Звеньевые струны цепных подвесок изготавливают из сталемедной проволоки диаметром 4 мм (Рис. 10), отдельные звенья шарнирно связаны между собой. В зависимости от длины струна может быть выполнена из двух и более звеньев, при этом нижнее звено, связанное с контактным проводом, во избежание излома должно быть длиной не более 300 мм. для уменьшения износа струн в местах соединения звеньев устанавливают коуши. Звеньевые струны прикрепляют к контактному проводу и несущему тросу струновыми зажимами, двойные контактные провода полукompенсированной подвески крепятся на общих струнах с отдельными нижними звеньями. При изменениях температуры происходит взаимное перемещение контактного провода и несущего троса (по обе стороны от средней анкеровки). Взаимное перемещение проводов приводит к перекосу струн. В результате меняется как положение контактного провода по высоте, так и натяжение проводов цепной подвески. Чтобы уменьшить это влияние, угол наклона струны не должен превышать 30° к вертикали вдоль оси пути (Рис. 10, в).

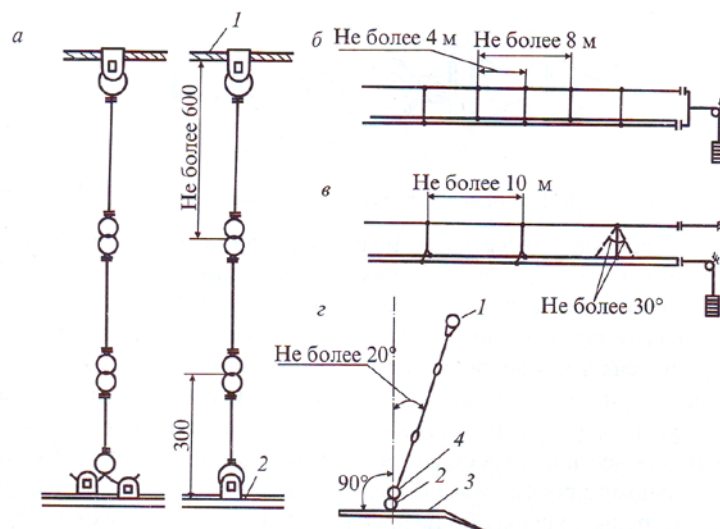


Рисунок 10 Струны цепных контактных подвесок.

а - звеньевая струна; б и в- расположение струны на компенсированной и полукомпенсированной подвеске; г-допускаемый наклон струны к вертикали; 1- несущий торос; 2-контактный провод; 3-ползз токоприемника; 4-струновой зажим 046.

Для более равномерной эластичности и уменьшения стрел провеса контактного провода при температурных изменениях у опорных конструкций его подвешивают на рессорных струнах (тросах) марки БМ - 6. Рессорные струны изготавливают из сталемедной проволоки диаметром 6 мм. Звеньевые струны крепят с одной стороны к рессорной струне (тросу) струновыми зажимами или медными скобами, а с другой к контактному проводу с обычным креплением струн зажимами.

Для обеспечения хода тока по всем проводам, входящим в контактную подвеску или по всем проводам, входящим в одну секцию, а также в случае разанкеровки проводов на опоре или в обход искусственного сооружения, применяются электрические соединители. Электрические соединители устанавливают на сопряжениях анкерных участков и отдельных секций на железнодорожных станциях, в местах соединения усиливающих проводов с контактной подвеской и несущих тросов с контактными проводами. Они должны обеспечивать надежный электрический контакт, эластичность контактной

подвески и возможность продольных температурных перемещений проводов по всей длине.

Поперечные соединители (Рис.11) устанавливают между всеми проводами контактной сети, относящимися к одному пути или группе путей (секции) на станции (контактными, усиливающими проводами и несущими тросами). Такое соединение обеспечивает протекание тока по всем параллельно расположенным проводам.

Продольные соединители (Рис.12) устанавливают в местах сопряжения анкерных участков, местах подключения усиливающих и питающих проводов к контактной подвеске. Суммарная площадь сечения продольных соединителей должна быть равна площади сечения соединяемых ими подвесок, причем для надежного контакта продольные соединители на главных путях и других ответственных местах контактной сети выполняют из двух и более параллельно расположенных проводов.

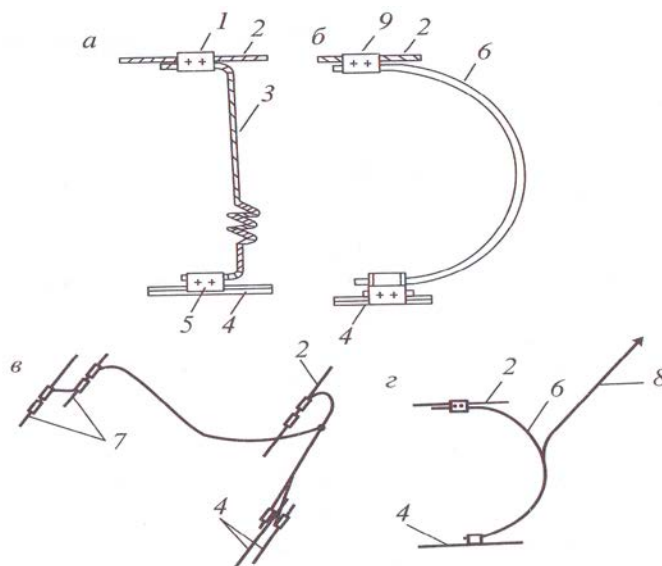


Рисунок 11 Схемы установки поперечных электрических соединителей(а, б) и подключения усиливающих проводов (в) и шлейфов разъединителя (разрядника, ОПН) к контактной подвеске (г); 1 и 5- соединительные и питающие зажимы; 2- несущий трос; 3- электрический соединитель (провод МГГ); 4 и 7- контактный и усиливающий провода; 6- «С-

образный» электрический соединитель (провод М, А и АС); 8- шлейф от разъединителя (разрядника, ОПН); 9-зажим переходной.

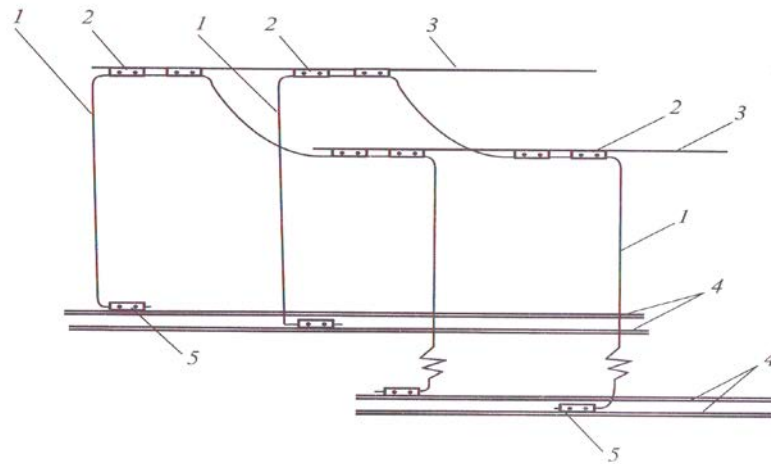


Рисунок 12 Продольный электрический соединитель

1- электрический соединитель (провод МГ); 2- соединительный зажим; 3- несущий трос; 4- контактный провод; 5- питающий зажим.

Продольные электрические соединители должны иметь площадь сечения, соответствующую сечению соединяемых ими подвесок. Продольные электрические соединители к питающим и усиливающим проводам у анкеровок следует подсоединять к выходящим из заделки свободным концам, а на неизолирующих сопряжениях и обводы - к каждому несущему тросу двумя соединительными зажимами и к контактному проводу одним питающим зажимом. При компенсированной подвеске длина электрического соединителя должна быть не менее 2 м.

Все виды электрических соединителей и шлейфы выполнены из медных проводов М сечением 70- 95 мм² на участках переменного тока, допускается применение медных проводов МГ того же сечения.

Поперечные электрические соединители между несущими тросами и контактными проводами на перегонах установлены за пределами рессорных или первых вертикальных струн на расстоянии 0,2 - 0,5 м от их мест крепления

4.2 ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.

ВВЕДЕНИЕ

В разделе «Введение» следует описать применяемые системы электрификации железных дорог, указать их преимущества и недостатки. Отразить перспективы развития электрификации железных дорог на ближайшие годы. Дать описание содержания курсового проекта, обозначить его цели и задачи.

Для питания контактной сети от тяговых подстанций существует несколько схем тягового электроснабжения. Наибольшее распространение получили система постоянного тока напряжением 3,3 кВ и системы переменного тока напряжением 25 кВ и 2х25 кВ.

При системе электроснабжения постоянного тока в контактную сеть электрическая энергия поступает от шин положительной полярности напряжением 3,3 кВ тяговых подстанций и возвращается после прохождения через тяговые двигатели электроподвижного состава по рельсовым цепям, присоединенным к шинам отрицательной полярности. Расстояние между тяговыми подстанциями постоянного тока в зависимости от грузонапряженности колеблется от 7 км до 30 км.

В системе электроснабжения переменного тока электроэнергия в контактную сеть поступает от двух фаз А и В напряжением 27,5 кВ (на шинах тяговых подстанций) и возвращается по рельсовой цепи к третьей фазе С. При этом питание осуществляют одной фазой встречно на фидерную зону (параллельная работа смежных тяговых подстанций) с чередованием питания для последующих фидерных зон с целью выравнивания нагрузок отдельных фаз энергоснабжающей системы. При этой системе электроснабжения вследствие высокого напряжения тяговые подстанции располагают через 40-60 км.

В последние годы на сети железных дорог России наряду с решением разных проблем и поставленных задач уделяется особое внимание проблеме пропускной способности перегонов и станций. Эта проблема возникает в условиях жесткой конкуренции между железными дорогами и другими отраслями транспортной промышленности РФ (морскими, автомобильными и т.д.). Успех в этом во многом зависит от быстрой, качественной и безопасной доставки грузов и

пассажиров, что в значительной мере осложняется постоянно растущим грузооборотом и пассажиропотоком. Одним из наиболее предпочтительных вариантов решения данной проблемы является повышение веса грузовых поездов.

Согласно инструкции по организации движения грузовых поездов повышенной длины и веса тяжеловесными поездами считаются поезда, вес которых более 6000 т или длина более 350 осей.

Обращение поездов повышенного веса и длины допускается на одно-двухпутных участках в любое время суток при температуре не ниже -30°C , а поездов из порожних вагонов – не ниже -40°C [Л5].

Соединенные поезда организуются на станциях или перегонах из двух, а в необходимых случаях из трёх поездов, каждый из которых должен быть сформирован по длине приемоотправочных путей, но не более 0,9 их длины, установленным графиком движения, а так же с учетом ограничений по силе тяги и мощности локомотива и устройств энергоснабжения.

Соединение и разъединение поездов повышенного веса и длины разрешается на спусках и подъемах до 0,006 с соблюдением условий безопасности движения, предусмотренных местной инструкцией.

На электрифицированных участках порядок пропуска соединенных грузовых поездов устанавливается по условиям нагрева проводом контактной сети одного пути. Суммарный ток всех электровозов в поездах повышенного веса и длины не должен превышать допустимого тока по нагреву контактной сети, указанного в Правилах устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог. При минусовых температурах допустимые токи проводов контактной подвески могут быть увеличены в 1,25 раза.

Число поездов повышенного веса и длины (для нормального электроснабжения) в зоне между тяговыми подстанциями должно быть не более заложенного в графике движения. При этом для расчета загруженности устройств электроснабжения поезд двойного унифицированного веса и длины считается за два поезда, тройного – за три и т.д.

Уменьшение интервала до заданного значения возможно чередованием пропуска поездов повышенного веса с более легкими поездами, введением ПС и ППС или увеличением допустимого тока контактной сети.

Введение дополнительных ПС и ППС на двухпутных участках с существенным (не менее чем в два раза) различающимися нагрузками по путям позволяет снизить примерно в 1,1 – 1,4 раза расчетный межпоездной интервал вследствие уменьшения токов в проводах контактной сети.

Минимальный межпоездной интервал проверяют по мощности устройств электроснабжения тяги, напряжению на токоприемнике электровоза, току уставки защиты питающих линий (фидеров) тяговых подстанций работе элементов тяговой рельсовой цепи.

Для организации обращения поездов повышенного веса и длины на дорогах разрабатываются мероприятия, в которых предусматривается увеличение площади сечения контактной подвески, улучшения токораспределения в проводах, повышения уровня напряжения в контактной сети и другие меры.

Одним из направлений транспортной политики является дальнейшее развитие скоростного движения поездов, которое ставит перед электрификаторами ряд новых технических задач. В международной практике к настоящему времени сложилась следующая классификация: скоростными считаются линии со скоростью движения 160—200 км/ч, высокоскоростными — со скоростью свыше 200 км/ч.

Следует отметить, что изменения в конструктивных решениях, в выборе высокоэлектропроводных материалов и коррозионностойких покрытий, в применении новых изоляторов, усовершенствованных поддерживающих и опорных конструкций, в конструкции самой контактной подвески и пр., появившиеся в связи с внедрением подвески КС-200, показывают современные направления развития контактной сети и уже широко используются в проводимой на ряде дорог реконструкции для увеличения скоростей движения до 160 км/ч.

Трудовые и экономические затраты, необходимые для эксплуатации и капитального ремонта контактной сети на протяженном полигоне электрифицированных железных дорог, заставляет совершенствовать конструкции

контактной сети, методы их монтажа и обслуживания.

Контактная сеть КС-200 должна обеспечивать надежный токосъем с числом проходов токоприемников до 1,5 млн, высокую эксплуатационную надежность, долговечность не менее 50 лет, а также значительное сокращение эксплуатационных расходов на ее обслуживание за счет более совершенных характеристик подвески: выравнивания эластичности в пролетах; снижения веса зажимов и фиксаторов, применения совместимых коррозионностойких материалов; антикоррозионных покрытий; высокой теплопроводности и малого электрического сопротивления используемых материалов.

Существует несколько вариантов переустройства контактной сети. Модернизацию проводят, если на участке постоянные элементы контактной сети выработали более 75% нормативного срока службы (ресурса) и понизили более чем на 25% несущую способность или допустимые нагрузки. В зависимости от объемов замены основных постоянных элементов осуществляют полную или частичную модернизацию контактной сети.

Полная модернизация предполагает полное обновление всех постоянных элементов контактной сети по типовым проектам контактной подвески. Замена контактных проводов производится в зависимости от степени их износа. Решение по сохранению опор, установленных при предшествующем капитальном ремонте и не выработавших свой ресурс, принимается при проектировании в зависимости от возможности их использования в подвеске и разбивки мест установки опор.

При частичной модернизации производится значительное обновление постоянных элементов и при необходимости полное обновление отдельных элементов — поддерживающих конструкций, компенсирующих устройств, изоляции, несущих тросов, арматуры.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРУЕМОГО УЧАСТКА

Техническое описание проектируемого участка.

Техническое описание представляет собой характеристику проектируемого участка, которую следует излагать в следующем порядке:

- род тока и система электроснабжения проектируемого участка;

- протяженность станции (расстояние между светофорами), пикетаж оси пассажирского здания;
- количество главных и второстепенных путей, расстояние в междупутьях, наличие тупиков и путей, не подлежащих электрификации;
- наличие подъездных путей к грузовым дворам и складским помещениям;
- протяженность прилегающего перегона и его характеристика (кривые, насыпи, выемки, искусственные сооружения)

Разработка и описание схемы питания и секционирования контактной сети станции и прилегающих перегонов

На электрифицированных линиях ЭПС получает электроэнергию через контактную сеть от тяговых подстанций, расположенных на таком расстоянии между ними, чтобы было обеспечено стабильное номинальное напряжение на ЭПС и работала защита от токов короткого замыкания.

Для каждого участка электрифицированной линии при ее проектировании разрабатывают схему питания и секционирования контактной сети. При разработке схем питания и секционирования контактной сети электрифицированной линии используют типовые принципиальные схемы секционирования, разработанные на основе опыта эксплуатации, с учетом затрат на сооружение контактной сети.

При составлении схемы секционирования контактной сети на станции число секций должно быть выбрано в соответствии с работой станции, а также условиями обеспечения надежности работы сети и удобствами ее обслуживания.

Излишнее дробление контактной сети на секции снижает ее надежность, усложняет и удорожает ее устройство.

На схеме должно быть предусмотрено питание контактной сети станции и прилегающих перегонов, продольное секционирование (отделение контактной сети станции от контактной сети перегона) и поперечное секционирование (выделение группы путей в отдельные секции).

На промежуточных станциях предусматривают секционирование контактной сети с обеих сторон станций.

Продольное секционирование предусматривает разделение в отдельные секции контактной сети перегонов от контактной сети станций по главному пути. Оно

осуществляется трехпролетными изолирующими сопряжениями анкерных участков на постоянном токе, а на переменном токе – трехпролётными изолирующими сопряжениями и нейтральными вставками (на том конце станции, где расположена тяговая подстанция, должно быть предусмотрено разделение секций, питающихся от разных фаз переменного тока).

Изолирующие сопряжения, разделяющие контактную сеть железнодорожных станций и перегонов, должны быть расположены между входными светофорами или знаком «Граница станции» и первыми входными стрелочными переводами станции.

Нейтральная вставка располагается за входным светофором в сторону перегона. Длину нейтральной вставки выбирают с учетом находящихся в обращении серий электровозов и электропоездов.

Питание на продольные секции подаётся по независимым питающим линиям – фидерам контактной сети, через нормально включенные секционные разъединители. Разъединители, устанавливаемые на питающих линиях, на схеме питания и секционирования обозначают буквой Ф с присвоенным номером (согласно номеру секции).

Изолирующие сопряжения должны быть шунтированы продольным секционным разъединителем, который предназначен для резервирования питания смежных продольных секций и для безопасности производства работ на изолирующем сопряжении.

Все вышеназванные разъединители имеют моторный привод и управляются по телеуправлению.

Для шунтирования изолирующих сопряжений нейтральной вставки устанавливают секционные разъединители с ручным приводом, нормально отключенные, для того, чтобы невозможно было переключить такие разъединители с пульта телеуправления ошибочно или из-за искажения команды телеуправления.

Разъединители изолирующих сопряжений должны быть обозначены заглавными буквами русского алфавита, которые наносят на приводе разъединителя.

Поперечное секционирование контактной сети между путями осуществляется секционными изоляторами, поперечными разъединителями.

При поперечном секционировании в отдельные секции выделяются контактные подвески главных путей перегонов и станций друг от друга; контактные подвески

боковых путей от главных путей; контактные подвески путей для производства погрузочно-разгрузочных работ на подъездных путях и тупиках, а также путей для производства работ для осмотра крышевого оборудования подвижного состава; контактные сети сортировочных горок и путей специального назначения.

Питание на поперечные секции подаётся от главного пути через поперечные нормально включенные секционные разъединители. На секции контактной сети, где производятся погрузочно-разгрузочные работы, работы по осмотру крышевого оборудования подвижного состава питание подаётся через разъединители с ручным приводом и заземляющим ножом. Это выполняется для того, чтобы соблюдалась безопасность производства работ со стропольными кранами и подъёмными механизмами и при подъёме на высоту. При отключении секции от питания секционный разъединитель одновременно заземляет её и, кроме того, создаёт видимый разрыв цепи для лиц, производящих работы.

Секционные изоляторы и воздушные стрелки должны иметь присвоенный номер, поперечные разъединители обозначаются буквой П, с заземляющим ножом – буквой З. К каждой из указанных букв в случае необходимости добавляют цифровой индекс, соответствующий номерам подвесок соединяемых путей и направлений.

При секционировании желательно обходиться минимальным числом разъединителей, располагать их группами, а не размещать по всей территории станции.

Установка двух разъединителей с обоих концов секции не допускается, поскольку это усложняет оперативность действий и не обеспечивает безопасность.

На схемах питания и секционирования контактной сети и продольных линий электроснабжения должны быть показаны условными обозначениями: контактная сеть; разъединители в нормальном положении, изолирующие сопряжения анкерных участков, нейтральные вставки; секционные изоляторы и воздушные стрелки с присвоенными им обозначениями или номерами; номера путей станций и перегонов; подъездные пути тяговых подстанций, примыкающие неэлектрифицированные пути; границы участка, подлежащего электроснабжению.

Продольные разъединители обеих горловин оборудуют моторными приводами, управляемыми по телеуправлению.

На питающей линии постоянного тока непосредственно у тяговой подстанции

устанавливают разъединитель с моторным приводом. При длине линии более 150 м у места подсоединения питающей линии к контактной сети дополнительно монтируют разъединитель с моторным приводом.

Схему питания и секционирования вычерчивают без масштаба на листе миллиметровой или обычной бумаги формата А 4, обозначают «Рисунок 1 «Схема питания и секционирования станции и прилегающих перегонов»».

По окончании разработки схемы питания и секционирования необходимо дать её описание.

Описание схемы питания и секционирования следует производить в следующем порядке:

1. Обозначить род тока проектируемого участка и место, с какой стороны нулевой отметки станции, располагается тяговая подстанция.

2. Сформулировать назначение секционирования контактной сети, какие виды секционирования применяются и в каких случаях.

3. Описать расположение продольных секций, с помощью каких узлов выполнено продольное секционирование.

4. Дать описание, как подается питание на продольные секции с указанием фидерных разъединителей посекционно.

5. Описать образование поперечных секций, с помощью каких узлов выполнено поперечное секционирование. Указать, какие пути выделяются в поперечные секции и почему.

6. Дать описание, как подается питание на поперечные секции с указанием разъединителей посекционно.

7. Дать описание резервного секционирования станции и прилегающих перегонов, а также размещения продольных разъединителей на нейтральной вставке.

Мероприятия по охране труда и технике безопасности.

В данном разделе курсового проекта следует рассмотреть вопросы охраны труда и организации безопасных условий труда при техническом обслуживании и ремонте устройств контактной сети, а также влияние состояния устройств контактной сети на безопасность движения поездов.

С этой целью необходимо охарактеризовать требования, предъявляемые к персоналу, обслуживающему устройства контактной сети и продольные линии электроснабжения, условия выполнения работ в отношении мер безопасности, дать характеристику «опасных мест» и порядок производства работ в таких местах.

Также кратко перечислить работу по предотвращению нарушений правил охраны труда при эксплуатации устройств контактной сети административно-техническим персоналом дистанции электроснабжения, руководителями и контролирующими органами региона железной дороги.

Роль «человеческого фактора» в обеспечении безопасности движения поездов

Анализ литературных источников показывает, что в деятельности железных дорог мира много общего, в том числе и проблем. Одна из них – безопасность движения поездов.

Каждая ошибка человека – это всегда результат его действия или бездействия, т.е. проявления его психики определение его аспекта. Причиной возникновения ошибки зачастую является не один, а целый комплекс негативно действующих факторов.

Работа железнодорожного транспорта неизбежно связана с риском, который определяется как мера вероятности опасности и степени тяжести ущерба (последствий) от нарушения безопасности. Транспортный риск – это результат проявления множества факторов как субъективного, так и объективного характера. Поэтому он будет существовать всегда. "Нельзя выиграть битву за безопасность раз и навсегда"

Аварию нельзя полностью исключить с помощью технических или организационных мероприятий. Они лишь снижают вероятность ее возникновения. Чем эффективней противодействие риску аварийных ситуаций, тем выше затраты сил и средств. Затраты на безопасность порой могут даже превышать убытки от аварий, крушений и брака в поездной и маневровой работе, что может привести к временному ухудшению экономических показателей отрасли. И все же такие затраты социально оправданны и их необходимо учитывать при экономических расчетах.

Безопасность движения поездов, безопасность железнодорожной транспортной

системы представляет собой интегральное понятие, не поддающееся непосредственному измерению. Обычно под безопасностью понимается отсутствие (исключение) опасностей. При этом под опасностью подразумевается любое обстоятельство, которое способно причинить вред здоровью людей и окружающей среде, функционированию системы или нанести материальный ущерб.

Безопасность движения поездов – центральный системообразующий фактор, объединяющий различные составляющие железнодорожного транспорта в единую систему.

Железнодорожный транспорт – важная составляющая экономической деятельности современного государства. Нарушения безопасности связаны с безвозвратными экономическими, экологическими и, прежде всего, с человеческими потерями.

Рассматривая железнодорожный транспорт как систему "человек – техника – среда", можно выделить четыре группы факторов, влияющих на эксплуатационную безопасность;

- ТЕХНИКА (неисправность пути и подвижного состава, отказы средств СЦБ и связи, приборов безопасности, электроснабжения и ДР.);

- ТЕХНОЛОГИЯ (нарушение и несоответствие законодательных норм, правил, предписаний, приказов, инструкций, плохие условия труда, противоречия между отраслевой и внешней инфраструктурой, недостатки эргономики, ошибки разработчиков технических средств, неправильные алгоритмы управления и др.);

- СРЕДА (неблагоприятные объективные условия – рельеф местности, метеорологические условия, природные катаклизмы, повышенная радиация, электромагнитные помехи и др.).

ЧЕЛОВЕК, непосредственно управляющий техническими средствами и выполняющий обеспечивающие функции (неправильное выполнение своих производственных обязанностей умышленно или вследствие ухудшения состояния здоровья, недостаточной подготовленности, невозможности выполнять их на требуемом уровне).

Железнодорожный транспорт включает в себя тысячи разнообразных технических средств, которые в отдельности представляют опасность для

окружающей среды и жизнедеятельности человека. В комплексе человеко-машинные системы несут гораздо большую опасность, которую нужно учитывать при их разработке, внедрении и эксплуатации. Все это указывает на необходимость создания теории безопасности – методологической основы мероприятий по обеспечению безопасности на железных дорогах.

Любое нарушение в технике и технологии в конечном итоге вызвано человеком, если не тем, кто управляет техническими средствами, так командиром или обслуживающим персоналом. Поэтому "...любое нарушение правильности функционирования во-первых, во-вторых и в-третьих исходит от человека" . На железных дорогах Российской Федерации за последние пять лет по вине человека произошло около 90 % всех аварий и крушений.

Человек совершает ошибки, и с этим необходимо считаться. Человек имеет право на ошибку (конечно, речь идет не об умышленных нарушениях). И чем больше отклонение состояния человека от его оптимального, тем больше вероятность ошибки. Поэтому необходимо построить систему безопасности таким образом, чтобы минимизировать последствия этих ошибок.

Для эффективного решения проблемы контроля состояния человека и построения автоматических устройств, частично дублирующих его действия, необходим современный подход, рассматривающий человека во взаимосвязи и взаимодействии со средой его обитания.

При этом "человеческий фактор" понимается достаточно широко. Это:

- действия руководителей, железнодорожных операторов, работников, непосредственно не связанных с движением поездов;
- различного рода регламентация, документооборот, разработка и выполнение приказов, инструкций, распоряжений, правил, законов и др.;
- отбор, подбор, расстановка и обучение кадров как руководящих, так и инженерно-технических, операторских и рабочих профессий (кадровый менеджмент);
- ошибки разработчиков технических средств и алгоритмов технологических процессов;

- исследование и учет влияния специфики железнодорожной среды на уровень здоровья человека (условия труда и отдыха);
- контроль и оценка текущего состояния работников (до смены, во время и после работы).

Обеспечение безопасности движения является на железнодорожном транспорте важнейшей задачей и включает три относительно самостоятельные функции: конструктивно-эксплуатационная надежность; высокоэффективное управление и надежность работы локомотивной бригады.

При этом, если процент возникновения различных происшествий технического и технологического плана играет относительно малую роль, то удельный вес причин брака «человеческого» происхождения, объединяемых понятием «личный фактор», весьма высок.

Значительным резервом здесь является изучение причин происшествий, связанных с человеком, и разработка на этой основе мер по их устранению.

Охрана труда

Рабочим местом электромонтеров является электрифицированный участок в установленных для района контактной сети границах.

Выполнение работ на контактной сети требует твердых знаний правил безопасности и неукоснительного их выполнения.

Эти требования обусловлены повышенной опасностью: работы на контактной сети выполняются при наличии движения поездов, с подъемом на высоту, в различных метеорологических условиях, иногда в темное время суток, а также вблизи от проводов и конструкций, находящихся под высоким напряжением, или непосредственно на них без снятия напряжения, с соблюдением организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасности работающих [7, 8].

Условия выполнения работ

При работе **со снятием напряжения** и заземлением полностью снимают напряжение и заземляют провода и оборудование, которых работают. Работы требуют повышенного внимания и высокой квалификации обслуживающего персонала, так как в зоне проведения работ могут оставаться под напряжением провода и конструкции. Приближение к проводам, находящимся под рабочим или наведенным напряжением, а также к нейтральным элементам на расстояние менее 0,8 м запрещен.

При работе **под напряжением** работник непосредственно соприкасается с частями контактной сети, находящимися под рабочим или наведенным напряжением. В этом случае безопасность работающего обеспечивается применением основных средств защиты: изолирующих съемных вышек, изолирующих рабочих площадок автотрис и дрезин, изолирующих штанг, которые изолируют работающего от земли. В целях повышения безопасности выполнения работ под напряжением исполнитель во всех случаях завешивает шунтирующие штанги, необходимые для выравнивания потенциала между частями, к которым он одновременно прикасается, и на случай пробоя или перекрытия изолирующих элементов. При работах под напряжением обращают особое внимание на то, чтобы работающий одновременно не прикоснулся к заземленным конструкциям и находился от них на расстоянии не ближе 0,8 м.

Работы вблизи частей, находящихся под напряжением, выполняются на постоянно заземленных опорных и поддерживающих конструкциях, и между работающими и частями, находящимися под напряжением, может быть расстояние менее 2 м, но оно во всех случаях не должно быть менее 0,8 м.

Если расстояние до частей, находящихся под напряжением, более 2 м, то эти работы относят к категории выполняемых **вдали от частей**, находящихся под напряжением. При этом их подразделяют на работы с подъемом и без подъема на высоту. Работами на высоте считаются все работы, выполненные с подъемом от уровня земли до ног работающего на высоту 1 м и более.

Во время работ со снятием напряжения и заземлением и вблизи частей, находящихся под напряжением, запрещено:

- работать в согнутом положении, если расстояние от работающего при его выпрямлении до опасных элементов окажется менее 0,8 м:

- работать при наличии электроопасных элементов с двух сторон на расстоянии менее 2 м от работающего;

- выполнять работы на расстоянии ближе 20 м по оси пути от места секционирования (секционные изоляторы, изолирующие сопряжения и т.п.) и шлейфов разъединителей, которыми осуществляется отключение при подготовке места работы;

- пользоваться металлическими лестницами.

При работах под напряжением и вблизи частей, находящихся под напряжением, в бригаде должна быть заземляющая штанга на случай необходимости срочного снятия напряжения.

В темное время суток в зоне работ должно быть освещение, обеспечивающее видимость всех изоляторов и проводов на расстоянии не менее 50 м.

К опасным местам на контактной сети относят:

- врезные и секционные изоляторы, отделяющие погрузочно-разгрузочные пути, пути осмотра крышевого оборудования и т.д.;

- прогнивающие контактную подвеску и проходящие над ней на расстоянии менее 0,8 м шлейфы разъединителей и разрядников или ОПН другой секции контактной сети с другими потенциалами;

- опоры, где расположены два и более разъединителей, разрядников или анкеровок различных секций;

- места сближения консолей или фиксаторов различных секций на расстояние менее 0,8 м;

- места прохода питающих, отсасывающих и других проводов по тросам гибких поперечин;

- общие стойки фиксаторов различных секции контактной сети при расстоянии между фиксаторами менее 0,8 м;

- опоры с анкерными отходами контактной подвески различных секций и заземленные анкерные отходы, расстояние от места работы на которых до токоведущих частей менее 0,8 м;

- места расположения электрорепеллентной защиты ;

- опоры с роговым разрядником или ОПН, на которых смонтирована подвеска одного пути, а шлейф подключен к другому пути или фидерной трассы .

Опасные места на контактной сети обозначают специальными предупреждающими знаками указателями (красная стрела или. плакат «Внимание! Опасное место»). Работы по обеспечению безопасности в таких местах выполняются согласно «Карточки производства работ в опасном месте контактной сети».

Карточка производства работ в опасном месте на контактной сети.

Организационными мероприятиями по обеспечению безопасности работающих являются:

- выдача наряда-допуска или распоряжения производителю работ;

- инструктаж выдающим наряд ответственного руководителя, производителя работ;

- выдача энергодиспетчером разрешения (приказ, согласование диспетчера) на подготовку места работы;

- инструктаж производителем работ бригады и допуск к работе:

- надзор во время работы;

- оформление перерывов в работе, переходов на другое рабочее место, продление наряда и окончания работы.

Техническими мероприятиями по обеспечению безопасности работающих являются:

- закрытие путей перегонов и станций для движения поездов, выдача предупреждений на поезда и ограждение места работ;

- снятие рабочего напряжения и принятие мер против ошибочной подачи его на место работы;

- проверка отсутствия напряжения;

- наложение заземлений, шунтирующих штанг или перемычек, включение разъединителей;

- освещение места работы в темное время суток.

Контроль за соблюдением правил безопасности ведется в первую очередь в бригаде непосредственно на месте работ. Кроме того, периодически проверяется организация производства работ в районе контактной сети.

Работу бригады на линии регулярно проверяют руководители района контактной сети — начальник или электромеханик. Периодические проверки осуществляют руководители и инженерно-технический персонал дистанции электроснабжения и службы электрификации и электроснабжения. При этом оценивается дисциплинированность бригады в деле обеспечения безопасности труда и грамотность проведения и организации работ.

Основа успешной работы без травм и нарушений нормальной работы — поддержание постоянно устойчивой производственной и технологической дисциплины на всех уровнях, недопущение нарушений действующих правил и инструкций.

Определение нагрузок, действующих на провода контактной сети.

Для контактной сети решающими являются нагрузки климатического характера: ветер, гололёд и температура воздуха, действующие в разных сочетаниях. Эти нагрузки имеют случайный характер: их расчётные значения за какой-либо период времени могут быть определены статистической обработкой данных наблюдений в районе электрифицированной линии.

Для установления расчётных климатических условий пользуются картами районирования территории России, для упрощённых расчётов данные к заданиям выдаются преподавателем.

Нагрузка от веса проводов является равномерно распределённой вертикальной нагрузкой, которую можно определить, пользуясь литературой (15).

Гололедная нагрузка вызывается гололёдом, представляющим собой слой плотного льда стекловидного строения с плотностью 900 кг/м^3 . Для расчётов принимаем, что гололёд выпадает цилиндрической формы с равномерной толщиной стенки льда, по воздействию нагрузка является вертикальной.

На интенсивность гололёдных образований большое влияние оказывают высота расположения провода над поверхностью земли. Поэтому при расчёте толщины стенки гололёда на проводах, расположенных на насыпях, значение толщины стенки гололёда следует также умножить на поправочный коэффициент K_b .

Ветровые нагрузки на провода контактной сети зависят как от средней скорости ветра, так и от характера поверхности окружающей местности и высоты расположения проводов над землёй. В соответствии со строительными нормами и правилами «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования» расчётную скорость ветра для заданных условий (высоты расположения проводов над поверхностью и шероховатости поверхности окружающей местности) определяют умножением нормативной скорости ветра на коэффициент k_v , зависящий от высоты расположения проводов над поверхностью земли и от её шероховатости,

нормативного значения ветрового давления, P_a , q_0 , коэффициентом неравномерности давления ветра вдоль пролета, при механическом расчете, принимаемом $\alpha_n = 1$.

Ветровая нагрузка на провода цепной контактной подвески является горизонтальной нагрузкой.

Из разного сочетания метеорологических условий, действующих на провода контактной сети, можно выделить три расчётных режима, при которых усилие (натяжение) в несущем тросе может оказаться наибольшим, т.е. опасным для прочности троса:

- режим минимальной температуры – сжатие троса;
- режим максимального ветра – растяжение троса;
- режим гололёда с ветром – растяжение троса.

Для этих расчётных режимов и определяют нагрузки, действующие на несущий трос. В режиме минимальной температуры несущий трос испытывает нагрузку только вертикальную – от собственного веса; ветер и гололёд отсутствует; в режиме максимального ветра на несущий трос действует вертикальная нагрузка от веса проводов контактной подвески и горизонтальная нагрузка от давления ветра на несущий трос, гололёд отсутствует. В режиме гололёда с ветром на несущий трос действуют вертикальные нагрузки от собственного веса проводов контактной подвески, от веса гололёда на проводах подвески и горизонтальная нагрузка от давления ветра на несущий трос, покрытый гололёдом при соответствующей скорости ветра.

Итак, расчёт нагрузок будем производить для трёх расчётных режимов, порядок расчётов приведён ниже.

Порядок расчётов

В режиме минимальной температуры.

1. Выбор нагрузок от собственного веса несущего троса и контактного провода.

Линейные нагрузки от веса контактного провода g_k (Н/м) и вес несущего

троса g_m (Н/м) определяются в зависимости от марки провода по таблицам (приложение 5, т.5.1).

2. Рассчитать нагрузку от собственного веса цепной контактной подвески по формуле:

$$g = g_m + n_k \cdot (g_k + g_c) , \quad (1)$$

где g_m , g_k - линейные нагрузки от собственного веса (1 м) несущего троса и контактного провода, Н/м.

g_c - нагрузка от собственного веса струн и зажимов, принимаемая равномерно распределенной по длине пролета; значение этой нагрузки может быть принято равным 1,0 Н/м для каждого контактного провода;

n_k - число контактных проводов.

Рассчитать нагрузку на несущий трос от веса гололеда по формуле:

$$g_{zm} = 0,009 \cdot \pi \cdot b_m \cdot (d + b_m) \cdot 0,8 \quad (2)$$

где 0,009 Н/мм³ – плотность гололеда;

d - диаметр несущего троса;

b_m - толщина стенки гололеда на несущем тросе, мм

$$b_m = b_n \cdot \kappa_b , \text{ мм} \quad (3)$$

где κ_b – поправочный коэффициент, учитывающий влияние местных условий расположения подвески на отложение гололеда (приложение 5, т. 5.7);

0,8 – поправочный коэффициент к весу отложения гололеда на несущем тросе.

Нормативную толщину стенки гололеда b_n , мм, на высоте 10 метров с повторяемостью 1 раз в 10 лет в зависимости от заданного гололедного района находят по приложению 5 (т.5.6)

Расчётную толщину стенки гололёда с учётом поправочных коэффициентов

допускается округлять до ближайшей целой цифры.

4. Рассчитать нагрузку на контактный провод от веса гололеда.

На контактных проводах расчётную толщину стенки гололёда устанавливают равной 50% толщины стенки, принятой для прочих проводов контактной сети, так как здесь учитывается уменьшение гололедообразования за счёт движения электропоездов и плавки гололёда (если таковая имеется).

$$g_{зк} = 0,009 \cdot \pi \cdot b_k \cdot (d + b_k) \cdot 0,8, \text{ Н/м} \quad (4)$$

где b_k — толщина стенки гололеда на контактном проводе, мм. На контактных проводах толщину стенки гололеда принимают равной 50% от толщины стенки гололеда на несущем тросе.

$$b_k = 0,5 \cdot b_m, \text{ мм}$$

где b_m — толщина стенки гололеда на несущем тросе, мм.

5. Полная вертикальная нагрузка от веса гололеда на проводах контактной подвески.

$$g_z = g_{zm} + n_k \cdot (g_{зк} + g_{zc}), \text{ Н/м} \quad (5)$$

где n_k — число контактных проводов;

g_{zc} — равномерно распределенная по длине пролета вертикальная нагрузка от веса гололеда на струнах и зажимах при одном контактном проводе (Н/м), которая в зависимости от толщины стенки гололеда b_H может быть приближенно принята по приложению 5 (т.5.6).

6. Нормативное значение горизонтальной ветровой нагрузки на несущий трос в Н/м определяется по формуле

$$P_{TV} = \alpha_H C_X K_V^2 \cdot q_O d \cdot 10^{-3}, \quad \text{Н/м} \quad (6)$$

где α_H - коэффициент, учитывающий неравномерность давления ветра вдоль пролета, при механическом расчете проводов принимаемый $\alpha_H = 1$;

C_x — аэродинамический коэффициент лобового сопротивления несущего троса ветру, принимается по приложению 6; для всех несущих тросов $C_x = 1,25$;

k_v - коэффициент, учитывающий влияние местных условий расположения подвески на скорость и давление ветра; принимается в соответствии с заданием по приложению 5 (т.5.4);

q_0 - нормативное значение ветрового давления, Па, при ветре наибольшей интенсивности, с повторяемостью не менее 1 раз в 10 лет; принимается в соответствии с заданием ветрового района по приложению 5 (т. 5.5);

d - диаметр несущего троса, мм (приложение 5, т 5.1).

7 .Нормативное значение горизонтальной ветровой нагрузки на контактный провод.

$$P_{KV} = \alpha_H C_X K_V \cdot q_O H \cdot 10^{-3}, \quad \text{Н/м} \quad (7)$$

8. Определяем горизонтальную нагрузку от ветрового воздействия на покрытый гололедом несущий трос

$$p_{m2} = \alpha_H C_X K_V^2 \cdot q_{GO} (d + 2b_m) \cdot 10^{-3}, \quad \text{Н/м} \quad (8)$$

где: q_{GO} —нормативное значение ветрового давления при гололеде, Па

9. Определяем горизонтальную нагрузку от ветрового воздействия на покрытый гололедом контактный провод

$$P_{K2} = \alpha_H C_X K_V^2 \cdot q_{GO} (H + 2b_K) \cdot 10^{-3}, \quad \text{Н/м} \quad (9)$$

10. Нормативное значение результирующей (суммарной) нагрузки на несущий трос (Н/м) в режиме максимального ветра определяется по формуле

$$q_{mv} = \sqrt{g^2 + p_{tv}^2}, \text{ Н/м} \quad (10)$$

11. Определяем результирующую нагрузку на несущий трос, при гололеде с ветром

$$q_z = \sqrt{(g + g_r)^2 + p_{mz}^2}, \text{ Н/м} \quad (11)$$

Расчет нагрузок, действующих на провода цепной контактной подвески, расположенных на боковых путях станции, на насыпи и в выемке аналогичен, (производится по формулам 1 - 11). При выполнении расчётов используем все необходимые коэффициенты, результаты расчетов сводим в таблицу 1.

Таблица 1 Расчёт нагрузок, действующих на провода контактных подвесок.

Тип подвески		Для контактной подвески главного, прямого участка пути и кривых различного радиуса	Для контактной подвески боковых путей станции	Для контактной подвески, расположенной на насыпи	Для контактной подвески, расположенной в выемке
нагрузки, Н/м	g_k				
	g_n				
	g_c				
	g				
	b_T , мм				
	$g_{ГТ}$				
	$g_{ГК}$				
	$g_{Г}$				
	d_{cp} , мм				
	P_{mv}				
	P_{kv}				
	$P_{mг}$				
	$P_{кг}$				
	Q_{mv}				
	$Q_{Г}$				

Расчет максимально допустимой длины пролета контактной подвески.

Нормальное взаимодействие токоприёмников с контактными подвесками при ветре может быть нарушено вследствие больших горизонтальных отклонений контактного провода от оси токоприёмника, длительных устойчивых вертикальных колебаний проводов цепных подвесок в пролётах. При сильном ветре может произойти обрыв или вследствие касания заземлённых конструкций пережог проводов.

Чтобы обеспечить ветроустойчивость контактной подвески, необходимо правильно выбрать длины пролётов. От длины пролётов зависит и стоимость сооружения и эксплуатации контактной сети. Поэтому при проектировании контактной сети длины её пролётов устанавливают всегда по возможности большими, но с учётом ограничений, вызываемых условиями обеспечения надёжной работы.

Основными ограничениями являются: допустимое отклонение контактного провода от оси токоприёмника в пролёте под действием максимального ветра или ветра при гололёде на проводах.

Расчёт длин пролётов выполняется для главных и боковых путей станции и перегона, для контактной подвески, расположенной на насыпи и в выемке, а также для подвески на кривом участке пути.

1 Выбор расчетного режима.

Чтобы выбрать расчётный режим сравним горизонтальные ветровые нагрузки в двух режимах: в режиме максимального ветра и в режиме гололёда с ветром. По наибольшей нагрузке выберем расчётный режим. Если расчётным режимом будет режим максимального ветра, это значит, что наибольшие нагрузки контактная подвеска воспринимает именно в этом режиме. Если расчётный режим – режим гололёда с ветром, то и длину пролёта мы будем рассчитывать с учётом нагрузок, возникающих в режиме гололёда с ветром.

Сравниваем величины ветровых нагрузок, действующих на цепную контактную подвеску в режиме максимального ветра и в режиме гололёда с ветром и выбираем по наибольшей нагрузке расчётный режим (p_{KV} ; p_{KT}). Для этого выбираем из таблицы 1

«Расчёт нагрузок, действующих на провода контактной сети» вышеперечисленные данные.

Из таблицы 1 выписываем необходимые данные для расчётов, соответствующие выбранному расчетному режиму: вертикальную нагрузку от веса контактного провода, веса проводов контактной подвески, ветровые нагрузки, действующие соответственно, на несущий трос и контактный провод, суммарную нагрузку на несущий трос.

2. Расчёт максимально-допустимой длины пролёта без учёта эквивалентной нагрузки:

Эквивалентная нагрузка – это такая нагрузка, которая вызывает такое же горизонтальное отклонение контактного провода, как и нагрузки, возникающие в контактном проводе от реакции в струне при взаимном ветровом отклонении контактного провода и несущего троса.

Допустим, что эта нагрузка равна нулю, тогда производим расчёт максимально-допустимой длины пролёта по формуле:

$$l_{\max} = 2 \sqrt{\frac{K}{P_{\kappa}} \cdot \left[b_{\kappa.\text{доп.}} - \gamma_{\kappa} + \sqrt{(b_{\kappa.\text{доп.}} - \gamma_{\kappa})^2 - a^2} \right]}; \text{ м} \quad (12)$$

где K - номинальное натяжение контактного провода; H (приложение 5, т 5.2)

$b_{\kappa.\text{доп.}}$ - допустимое горизонтальное отклонение контактного провода от оси токоприёмника, м.

$$b_{\kappa.\text{доп.}} = 0,5 \text{ м. [7, с 23]}$$

a - зигзаг контактного провода, м[7, с 23]

γ_k - прогиб опоры под действием ветра на уровне подвеса контактного провода. (приложение 5, т.5.8)

3 Расчёт средней длины струны.

$$S_{cp} = h - 0,115 \frac{g \cdot l_{max}^2}{T_o}; \quad (13)$$

где h - конструктивная высота цепной подвески по заданию; м.

T_o - натяжение несущего троса, соответствующее беспровесному положению контактного провода, Н

$T_o = 0,8 \cdot T_{max}$ - для биметаллических несущих тросов; Н

$T_o = 0,75 \cdot T_{max}$ - для медных несущих тросов; Н

T_{max} - максимальное допустимое значение натяжения несущего троса, (приложение 5, т 5.2)

4 Расчёт эквивалентной нагрузки:

$$p_3 = \frac{p_{kv} \cdot T - p_{mv} \cdot K - \frac{8 \cdot K \cdot T}{l_{max}^2} \cdot \left(\frac{h_u \cdot p_{mv}}{q_{mv}} + \gamma_m - \gamma_k \right)}{T + K + \frac{10,6 \cdot s_{cp} \cdot K \cdot T}{g_{kv} \cdot l_{max}^2}}, \text{ Н/м} \quad (14)$$

где h_u - длина подвесной гирлянды изоляторов несущего троса ;

γ_m - допустимый прогиб опоры под действием ветра на уровне подвеса несущего троса (приложение 5, т.5.8).

T - натяжение несущего троса, Н

$T = T_{\text{ном}}$ - для компенсированных цепных контактных подвесок.

T для полукомпенсированных цепных контактных подвесок.

$= T_{\text{max}}$ -

Длину подвесной гирлянды изоляторов несущего троса принимают равной 0,16 м (длина серьги и седла) при изолированных консолях; 0,56 м - при двух подвесных изоляторах в гирлянде; 0,73 м – при трёх подвесных изоляторах в гирлянде; 0,9 м – при четырёх подвесных изоляторах в гирлянде.

5 Расчёт максимально-допустимой длины пролёта с учётом эквивалентной нагрузки:

$$l^I_{\text{max}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{K}{p_{kv} \pm p_{\text{э}}} \cdot \left[b_{\text{к.дон.}} - \gamma_k + \sqrt{(b_{\text{к.дон.}} - \gamma_k)^2 - a^2} \right]}; \quad (15)$$

$$l'_{\text{max}} < l_{\text{max}}$$

Сравниваем полученные величины длин пролётов между собой, они должны отличаться не более, чем на 5%. Для трассировки окончательно выбираем длину пролёта с учётом эквивалентной нагрузки.

6 Расчёты длин пролётов для боковых путей станций, насыпи и выемки производятся аналогично (по формулам 12-15). Результаты расчётов сведены в таблицу 2 «Результаты расчётов длин пролётов».

Для кривых участков пути расчет длины пролета производится в той же последовательности,, изменится сама формула для расчета длины пролета:

$$l_{\text{max}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K}{p_{kv} \pm p_{\text{э}} + \frac{K}{R}} \cdot [b_{\text{к.дон.}} - \gamma_k + a]}; \quad (16)$$

где R- радиус кривой, м.

Таблица 2 Результаты расчётов длин пролётов.

	$l_{\max}$	$S_{\text{ср}}$	P_z	$l_{\max}^I$	Принятая длина пролёта
	м	м	Н/м	м	м
Гл. пути					
Вт. пути					
Насыпь					
Кривая R=...м					

Согласно Правилам устройства и технической эксплуатации контактной сети и воздушных линий итоговые значения длин пролётов по условиям обеспечения качественного токосъёма не должны превышать значений, указанных в таблице 3.

Таблица 3 Максимальная длина пролёта

Место расположения подвески	Максимальная длина пролёта
На прямых участках пути	
Места сплошной застройки, лесные массивы, выемки глубиной более 7м при скорости движения, км/ч :	
до 160	
от 161 до 200	70
Места не защищённые от ветра:	65
равнины, выемки до 7м, насыпи, высотой 5м в открытой местности и до 10м в лесных массивах;	60
насыпи высотой от 5 до 10м в открытой местности и от 10 до 25м в лесных массивах, поймы рек, овраги;	50
насыпи, эстакады и мосты высотой более 25м в	

лесных массивах	40
На кривых участках пути	
Места, не защищённые от ветра, при радиусе кривой, м:	
более 1500	60
1200-1500	55
1000-1200	50
800-1000	45
500-800	40
от 300 до 800	35
менее 300	30

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРАССИРОВКИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ СТАНЦИИ И ПРИЛЕГАЮЩЕГО ПЕРЕГОНА

Трассировка контактной сети на станции

Составление планов (трассировка) контактной сети является важным этапом в проектировании контактной сети. Планы контактной сети составляют отдельно для станций и перегонов. Условия расстановки опор на станциях сложнее, чем на перегоне, именно поэтому трассировку контактной сети производят сначала на станции, а затем на перегонах, увязывая ее с соответствующими станциями.

На планах контактной сети приводят все необходимые данные для составления заявок на оборудование и материалы, а также для сооружения контактной сети. Это прежде всего спецификации: анкерных участков контактных подвесок с указанием длины и марок проводов; питающих, отсасывающих и других проводов; опор, консолей, фиксаторов, фундаментов, анкеров, лежней; суммарная длина электрифицированных путей. (табл. 4,5).

Планы контактной сети составляют так, чтобы построенная по ним контактная сеть была надежна, экономична и удобна при сооружении и в эксплуатации.

Для того чтобы не допустить ошибок в трассировке контактной сети, надо правильно начертить план станционных путей в масштабе 1: 1 000 и хорошо представлять устройство воздушных стрелок и фиксацию контактных проводов. Высота листа должна быть равна 297мм. Необходимая длина листа определяется в соответствии с заданной схемой станции, на которой указаны расстояния всех центров стрелочных переводов, светофоров, тупиков от оси пассажирского здания в метрах. При этом условно в левую сторону эти отметки приняты со знаком “ - “, а в правую – со знаком “+”. Требуемая длина чертежа может быть определена по отметкам входных светофоров. При этом следует оставить ещё 200масштабных единиц на возможное расположение крайних анкерных опор за входным светофором в сторону перегона – на 100м с каждой стороны.

При переменном токе для размещения нейтральной вставки за входным светофором требуется оставить с одной стороны станции 600 метров при электровозном движении и 800 метров при наличии моторвагонного движения.

Одним из основных вопросов, решаемых при трассировке контактной сети, является расстановка опор. Опоры контактной сети на планах станций и перегонов расставляют, как правило, с максимальными пролетами, допустимыми для данной конструкции подвески, а также всех принятых опорных и поддерживающих конструкций. При этом обязательно учитывают местные условия прохождения трассы железной дороги, места с повышенным ветровым воздействием и автоколебаниями проводов линий электропередачи и контактной сети.

При разбивке опор на станции необходимо обеспечить нормальное расположение контактного провода относительно оси пути, надежную фиксацию места изгиба проводов на кривых участках пути, воздушных стрелках и при отводе провода на анкеровку.

Следует учесть также перспективное развитие станции и расположить опоры так, чтобы укладка новых путей не вызывала значительных переустройств контактной сети.

Лучшим вариантом трассировки считается тот, который при соблюдении всех технических условий требует меньшего количества опор и меньшей суммарной длины нерабочих ветвей проводов. При выполнении трассировки контактной сети следует пользоваться условными обозначениями, приведенными в [16, с 532]

Данные для вычерчивания плана станции приведены в приложении.4. На заданных станциях указаны центры стрелочных переводов (расстояние от пассажирского здания), и, поскольку линии на чертеже представляют собой оси путей, пикет острья стрелки(точка пересечения прямой и наклонной линий), указанный в задании, будет находиться на расстоянии около 10 м от острья стрелки в сторону крестовины.

При составлении плана контактной сети цепную подвеску изображают прямой линией, располагаемой по оси пути (т.е. рабочие участки контактной сети полностью совпадают с планом станции). Однако на плане контактной сети условными обозначениями должны быть ясно показаны все анкеровки, пересечения и воздушные стрелки.

В первую очередь на листе проводят прямую продольную линию главного пути, наносят ось станции и от нее в обе стороны, через каждые 10 см, проводят тонкие

вертикальные линии, обозначающие условные станционные пикеты.

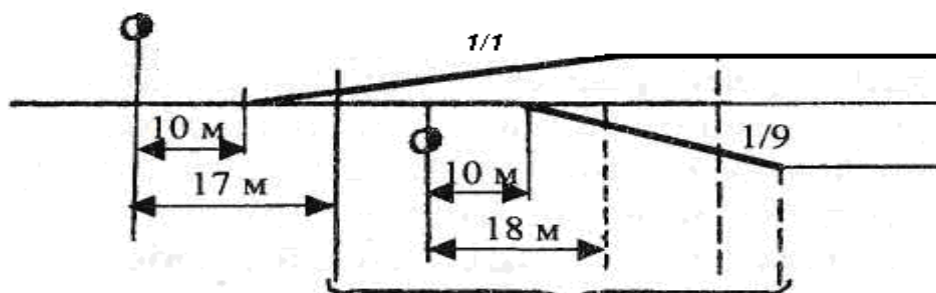


Рисунок 13 Наметка мест центров стрелочных переводов..

Затем на линии главного пути отмечают точку пикета входного стрелочного перевода (по заданной схеме станции) и откладывают 10 мм в сторону крестовины, от этой точки (центра перевода) проводят тонкую наклонную линию под углом $1/11$, образуя стрелочную улицу примыкающего парка.

Точно так же проводят стрелочную улицу с другого конца парка. Потом параллельно главному пути на расстоянии заданных междупутий проводят линии остальных путей парка. При откладывании размеров междупутий в масштабе следует округлять их до целых миллиметров, например, для 5,3 м брать 5 мм; 5,5 м — 6 мм и т. д.

Аналогично наносятся и все остальные стрелки и пути станции. Следует только помнить, что стрелки и стрелочные улицы, не примыкающие к главному пути, имеют марки крестовин $1/9$, а на съездах, соединяющих главный и станционный пути, обе стрелки делаются $1/11$.

Очертание пассажирского здания показывают на листе произвольно, пешеходный мостик наносят на план станции в соответствии с указаниями задания на проект, здание тяговой подстанции находится на расстоянии 60 – 90 м (на усмотрение руководителя проекта) от главного пути.

Трассировку контактной сети на станции надо начинать с размещения опор в обеих горловинах станции и у пешеходного мостика. При этом очень важно обеспечить правильную фиксацию проводов на воздушных стрелках. От этого зависит надежность работы контактной сети и плавный безыскровый проход токоприемника во всех направлениях.

В этом случае наиболее удобное место расположения фиксирующей опоры будет находиться на расстоянии 7 – 7,5 м от точки пересечения проводов в сторону центра перевода для марки крестовины 1/11 и 5,0 – 6,0 м для марки 1/9 .

Марка				
крестовины.....				
	1/	1/	1/	1/
	22	18	11	9
Оптимальное расстояние см,				
от ЦП до фиксирующего уст-				
ва.....				
	1	1	7,	6,
	2,5	0,8	5	0

В случае необходимости место расположения фиксирующей (или промежуточной) опоры можно сместить не более 1 м в сторону крестовины от центра стрелочного перевода.

Размещение опор в горловинах станции удобнее начинать с наметки мест, где необходима фиксация контактных проводов. Такими местами являются все стрелочные переводы, над которыми должны быть смонтированы воздушные стрелки, и все пункты, где контактный провод должен изменить свое направление (например, на стрелочных кривых).

Место фиксации провода на стрелочной кривой целесообразно намечать в ее середине. Каждое место, где необходима фиксация контактных проводов, следует наметить вертикальной пунктирной линией.

После того как все пункты, где необходима фиксация контактных проводов, намечены, производится выбор тех мест, где рационально установить несущие и анкерные опоры. При этом должны быть рассмотрены варианты расположения опор с учетом возможности выполнения отдельных воздушных пересечений без фиксации.

(Рис. 14) Нефиксированные стрелки могут быть выполнены или путем смещения анкерной опоры на такое расстояние, чтобы анкеруемый провод проходил без изгиба, или путем закрепления пересекающихся проводов на фиксирующем тросе поперечно поддерживающей конструкции так, чтобы эти провода не изгибались и были прямолинейными. Следует избегать устройства воздушной стрелки с двойным пересечением контактных проводов, а также использования для фиксации контактной подвески специально натянутых тросов или нерабочих ветвей проводов, идущих на анкеровку.

В этом случае, как правило, целесообразно установить фиксирующую опору.

При размещении опор в горловинах станции надо учитывать возможность анкеровок всех проводов с путей, заканчивающихся в горловинах, без установки специальных (дополнительных) анкерных опор и следить, чтобы разница длин двух соседних пролетов составляла не более 25% от длины большего пролета (например, при длине одного из пролетов 60 м длина другого пролета должна быть принята не менее 45 м).

Металлические опоры могут быть применены только в качестве анкерных в тех случаях, когда необходимо разместить анкеровки с двух сторон опоры или анкеровки двух подвесок с одной стороны.

Из всех возможных вариантов выбирают тот, при котором будет установлено наименьшее количество несущих и фиксирующих опор. Фиксирующие опоры устанавливают в тех местах, где нефиксированные стрелки установить нельзя, а установка несущих опор привела бы к значительному уменьшению длины пролетов и, следовательно, к значительному удорожанию сети.

Когда опоры в горловинах станции уже намечены, целесообразно приступить к размещению опор в местах сопряжения анкерных участков станции и перегонов. Сопряжение анкерных участков станции и перегона должно осуществляться с одновременным секционированием сети (воздушным промежутком) и конструктивно выполняться в трех пролетах.

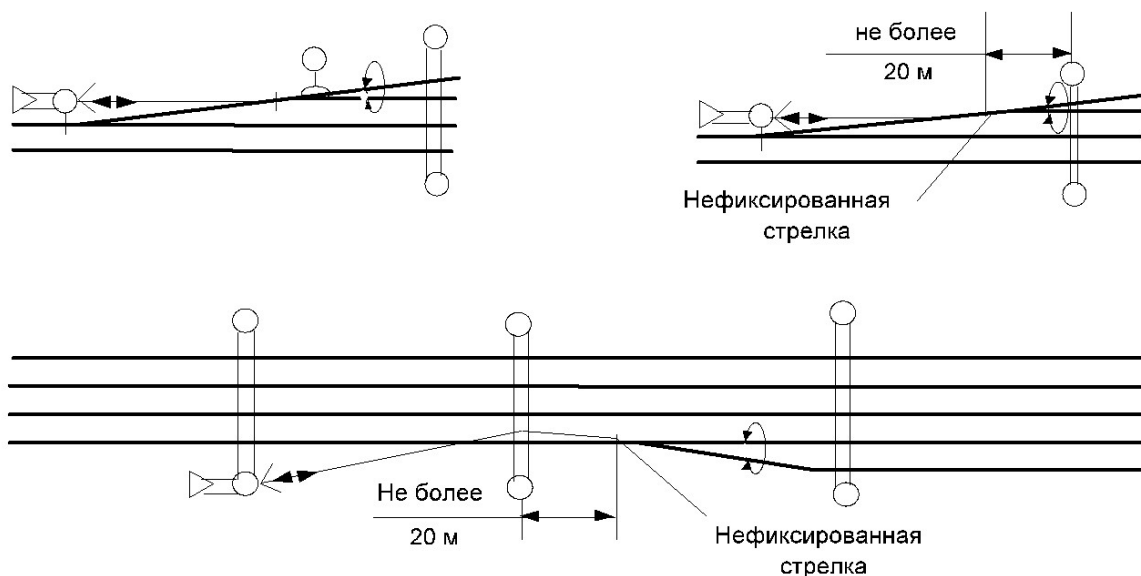


Рис. 14 Фиксированные и нефиксированные воздушные стрелки.

Изолирующее сопряжение должно располагаться между входным сигналом и первым стрелочным переводом станции (Рис.15).

При этом анкерная опора изолирующего сопряжения (со стороны перегона) должна располагаться не далее 300 м от последней стрелки станции, но так, чтобы она не выходила за входной сигнал. Допускается установка анкерной опоры воздушного промежутка на перегоне перед входным сигналом. В случае невозможности размещения воздушного промежутка между входным сигналом и первой стрелкой станции сигнал должен быть перенесен в сторону перегона на необходимое расстояние.

Длина пролета между переходными опорами воздушного промежутка должна составлять не более 75% максимально допускаемой длины пролета на станции. Видимость сигналов не должна быть ухудшена, что должно быть учтено при выборе габаритов установки опор у сигналов.

На линиях переменного тока со стороны тяговой подстанции размещают нейтральные вставки.

Её устраивают из двух изолирующих сопряжений анкерных участков, расположенных последовательно один за другим. Длину нейтральной вставки делают больше, чем расстояние между крайними токоприемниками ЭПС при любом их сочетании.

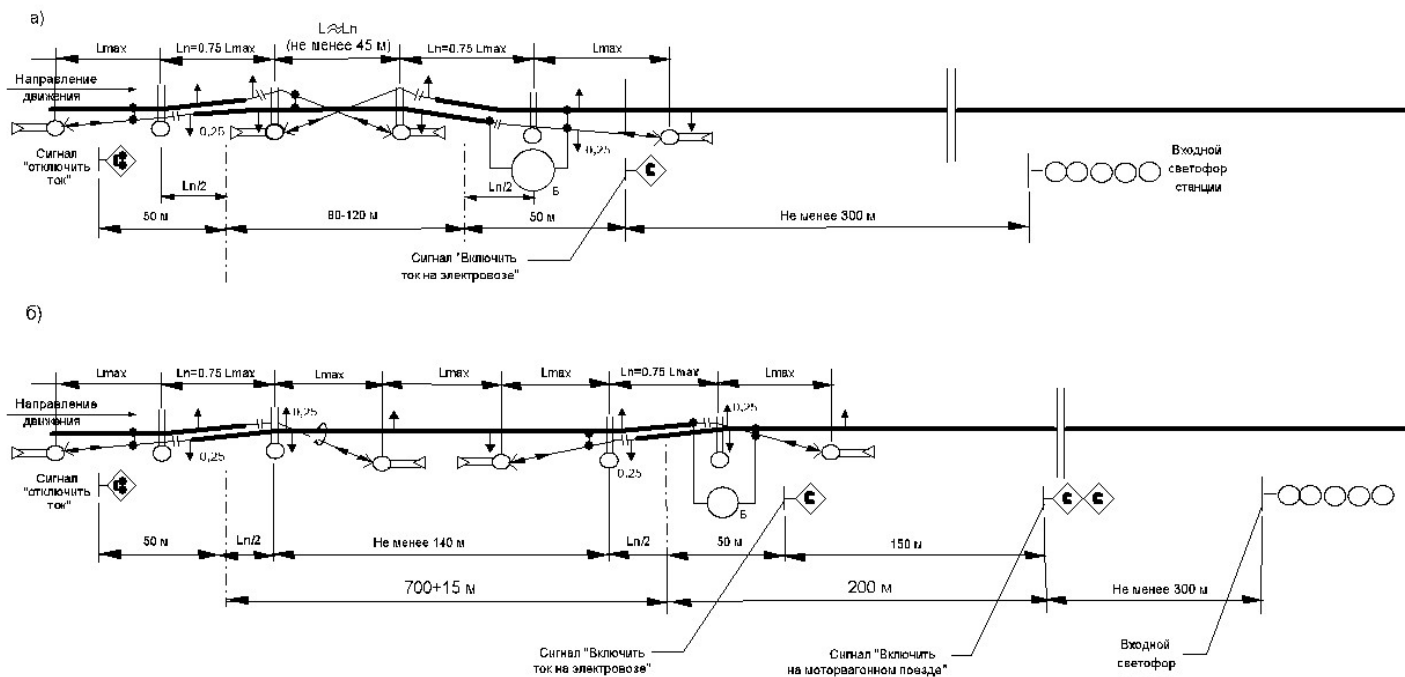


Рис.16 Схемы сопряжений анкерных участков с нейтральной вставкой при локомотивной (а) и моторвагонной (б) тягах.

Если расстояние между крайними опорами изолирующих сопряжений, между крайними опорами изолирующих сопряжений и нейтральной вставки (на переменном токе) составляет больше 1400-1600 м., то в середине станции необходимо наметить место неизолирующего сопряжения. Неизолирующее сопряжение выполняется с разанкерровкой контактного провода, ветви отходящие на анкеровку не должны изменять угол более чем на 20^0 . (Рис. 17)

Опоры, располагаемые у складских помещений, желательно устанавливать по краям этих помещений. При невозможности такого решения опоры и стойки жестких поперечин могут быть установлены в междупутьях, если ширина их не менее 6 м у главных путей и не менее 5,4 м между другими станционными путями.

Расстановку опор возле искусственного сооружения - пешеходного мостика – следует выполнить таким образом, чтобы мост располагался в середине пролета. Поэтому после наметки мест установки опор на сопряжениях анкерных участков, намечают опоры у моста, а затем производят дальнейшую расстановку опор на станции.

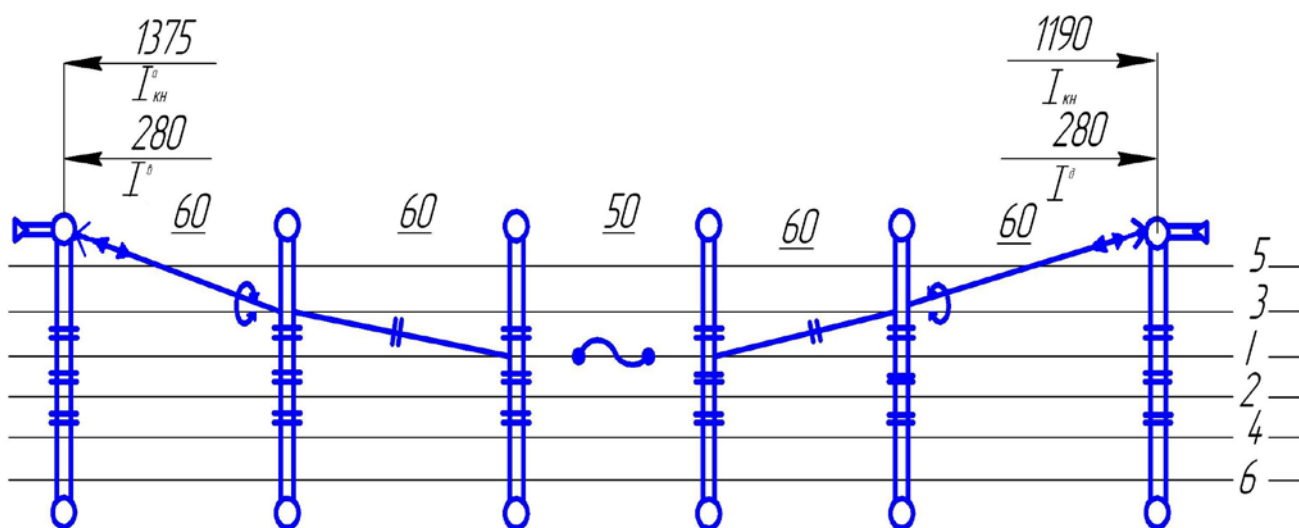


Рисунок 17 Неизолирующее (без секционирования) сопряжение анкерных участков контактных подвесок главных путей в середине станции..

Средние анкеровки размещают таким образом, чтобы обеспечить примерно одинаковые условия компенсации обеих половин анкерного участка. Среднюю анкеровку делают в середине анкерного участка. Смещение в ту или другую сторону не должно превышать одного пролета. На станции, где участок многопутный, средние анкеровки для контактных подвесок всех второстепенных путей размещают в одном пролете между жесткими поперечинами.

Возможные места расположения переходных пролетов изолирующих сопряжений и нейтральных вставок, мест средних анкеровок на монтажных планах отмечают вертикальной линией, чтобы при расстановке опор дать сокращенные пролеты. Для переходных пролетов величина сокращения длины переходного пролета составляет 25%, длина пролета средней анкеровки для полукомпенсированной подвески - на 10%, для компенсированной подвески – два пролета уменьшаются на 5% по сравнению с соседними пролетами.

Одновременно с размещением опор на чертеж наносят все длины пролетов, которые для выделения их из ряда других цифр подчеркивают одной чертой (например, 60).

После расстановки опор по всей станции, проводится расстановка зигзагов. Зигзаги на воздушных стрелках проставляют при установке опор в горловинах станции, и, далее расстановку зигзагов по каждому пути начинают с зигзага, указанного на воздушной стрелке. После расстановки зигзагов в горловине, необходимо перейти к расстановке их на жёстких поперечинах. На многопутных поддерживающих конструкциях они должны быть направлены в одну сторону, причём на соседних поперечинах их направление должно чередоваться: то в одну, то в другую сторону от оси пути. Для увязки направлений зигзагов с противоположной горловиной, на одной из поперечин контактный провод можно расположить с нулевым зигзагом (в том месте, где длина пролёта наименьшая). Затем расставляют зигзаги в направлении от воздушных стрелок к анкерным опорам изолирующих сопряжений.

Когда расстановка опор на станции закончена, выполняют окончательную наметку мест анкеровки контактных подвесок всех путей станции (Рис.18) и приступают к составлению плана контактной сети.

Нерабочие ветви контактной подвески обозначают тонкими сплошными линиями. После разбивки всех анкерных участков подсчитывают их длину (длина анкерного участка не должна превышать 1600 м, для скоростного движения -1400м (КС-160, КС-200) и только в исключительных случаях допускается 1 800 м), у каждой анкерной опоры указывают номер и длину анкерного участка (например $\frac{1375}{5KH}$) и составляют спецификацию анкерных участков по форме, указанной в таблице 4.

Если длина анкерного участка не превышает 800м, устраивается односторонняя компенсация натяжения контактного провода. На участках длиной более 800м устраивается двусторонняя компенсация контактного провода и в середине анкерного участка отмечается устройство средней анкеровки.

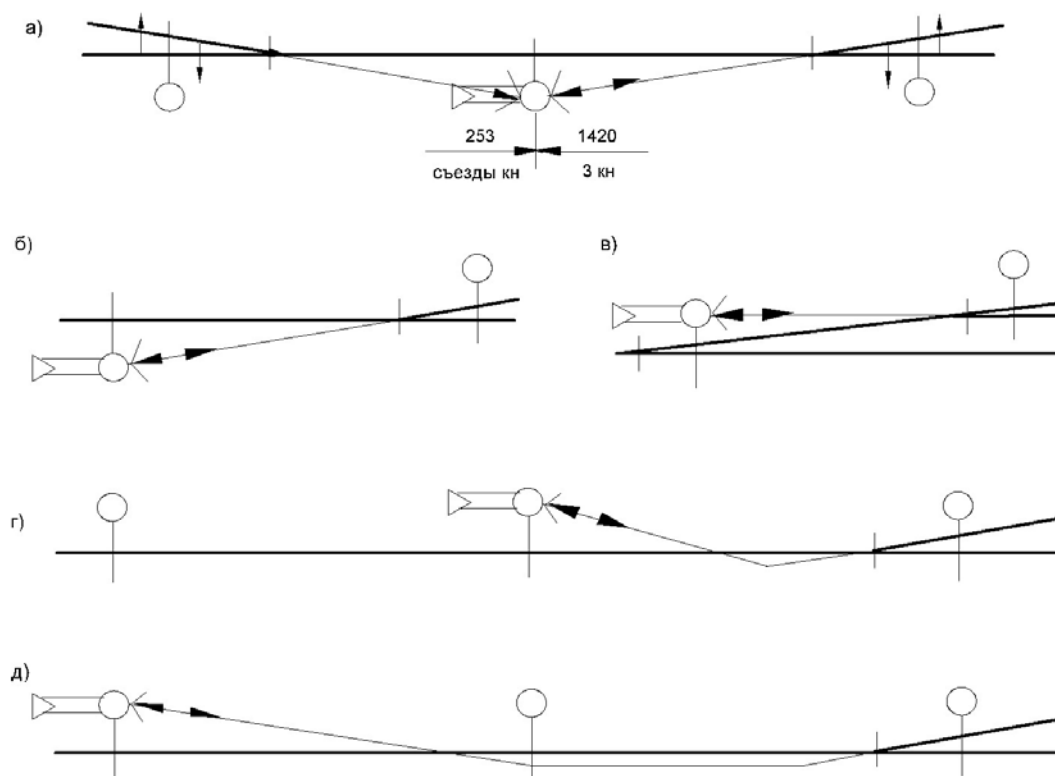


Рис 18 Схемы анкеровки контактных подвесок: а) двух анкерных участков на одной опоре к.с.; б, в,г,д) анкеровка после воздушной стрелки.

Величины пролетов, в которых размещаются средние анкеровки, должны быть на 10% меньше максимально допускаемых.

Затем по ходу километров выполняют нумерацию всех опор, начиная с первой анкерной опоры левого воздушного промежутка и кончая последней анкерной опорой правого воздушного промежутка. При этом необходимо, чтобы опоры с одной стороны путей имели четные номера, а с другой стороны — нечетные (в соответствии с нумерацией направлений движения поездов). Номера опор указывают непосредственно около их обозначения. Там же (или над тонкой линией, проведенной по оси опоры или в графе специальной таблицы) указывают габариты всех опор. Для того чтобы можно было выделить эти цифры, перед ними ставят букву «Г» (например, Г-3,1). Габарит для всех опор на прямых участках пути принимают равным 3,1 м, за исключением тех опор, габарит которых определяется условиями устройства нефиксированных стрелок и опор, устанавливаемых в больших междупутьях для обслуживания обоих путей.

Таблица 4 Ведомость анкерных участков цепной контактной подвески

Наименование	Длина по анкерным участкам									
	Ікн	ІІкн	Ікн	2кн	3кн	4кн	5кн	6кн	Съезды	Всего
Несущий трос главных путей										
Несущий трос боковых путей										
Контактный провод главных путей										
Контактный провод боковых путей										
Провод средней анкеровки										

Анкерные железобетонные опоры устанавливают с габаритом 3,1 м. Кроме того, для тех опор, которые устанавливают вблизи пассажирского здания (на расстоянии 150-200 м в обе стороны), принимается увеличенный габарит установки опор (до 6 м). Габарит опор для улучшения видимости сигналов может быть также увеличен. Опоры перед светофором должны располагаться не ближе 20-25 м от сигнала и иметь габарит 3,5 м.

В соответствии с принятой схемой секционирования на плане станции показывают места установки всех секционных изоляторов, а также изоляторов, включенных в фиксирующие тросы поперечин и в нерабочие ветви подвески. Все секционные разъединители также должны быть указаны на плане станции у тех опор, на которых они будут устанавливаться. Продольные секционные разъединители устанавливают на ближайших к оси станции переходных опорах воздушных промежутков; поперечные секционные разъединители устанавливаются на опорах, расположенных как можно ближе к тяговой подстанции.

Трассировка питающих линий.

Для начала на монтажный план наносят чертеж тяговой подстанции в масштабе, в соответствие с родом тока. (Рис.19, 20)

Питающие и отсасывающие линии от тяговых подстанций к контактной сети могут быть выполнены воздушными или кабельными. В данном курсовом проекте должна быть произведена трассировка воздушных питающих линий, а отсасывающие линии выполняются кабельными.

Как правило, воздушные питающие линии подвешиваются на опорах контактной сети, и только для подвода линий от здания тяговой подстанции до ближайших опор контактной сети устанавливаются специальные опоры. Непосредственно у зданий тяговых подстанций устанавливают типовые опоры контактной сети высотой 10-15 м.

Подвеска проводов питающих линий должна осуществляться таким образом, чтобы можно было производить работы на контактной сети без отключения питающих линий и на питающих линиях без отключения контактной сети. Для этого расстояние между проводами различных питающих линий или между проводами питающей линии и контактной сети должно быть не менее 2 м.

Запрещается подвешивать питающие провода над пассажирской платформой. Надо подвешивать их с противоположной стороны пассажирского здания.

Переходы проводов питающих линий через контактные сети путей должны производиться как можно ближе к середине пролета между опорами контактной сети и под углом, близким к 90° . Переход осуществляется при помощи специальных опор высотой не менее 15 м, установленных с обеих сторон путей с анкерровкой проводов питающих линий на этих опорах. В этом случае на каждой опоре может быть заанкеровано не более двух различных питающих линий.

Переход можно осуществить также и по жесткой поперечине, но для этого надо на ригеле закрепить специальные стойки.

В данном курсовом проекте необходимо произвести трассировку трех питающих линий (по одной линии на каждый из примыкающих к станции перегонов и одной для питания контактной сети станционных путей).

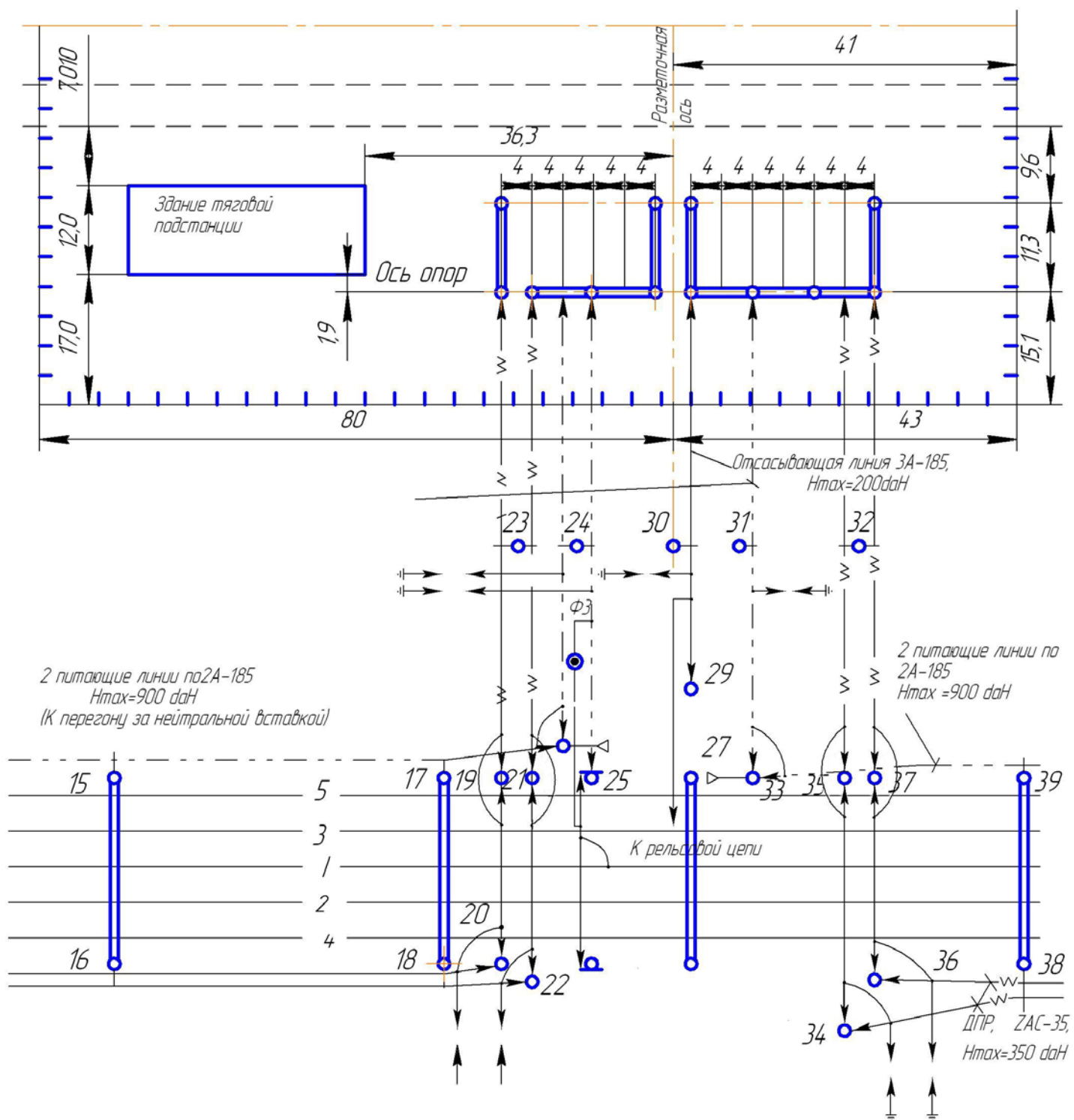


Рис.19 Схема трассировки питающих и отсасывающей линий, линий ДПР от тяговой подстанции переменного тока.

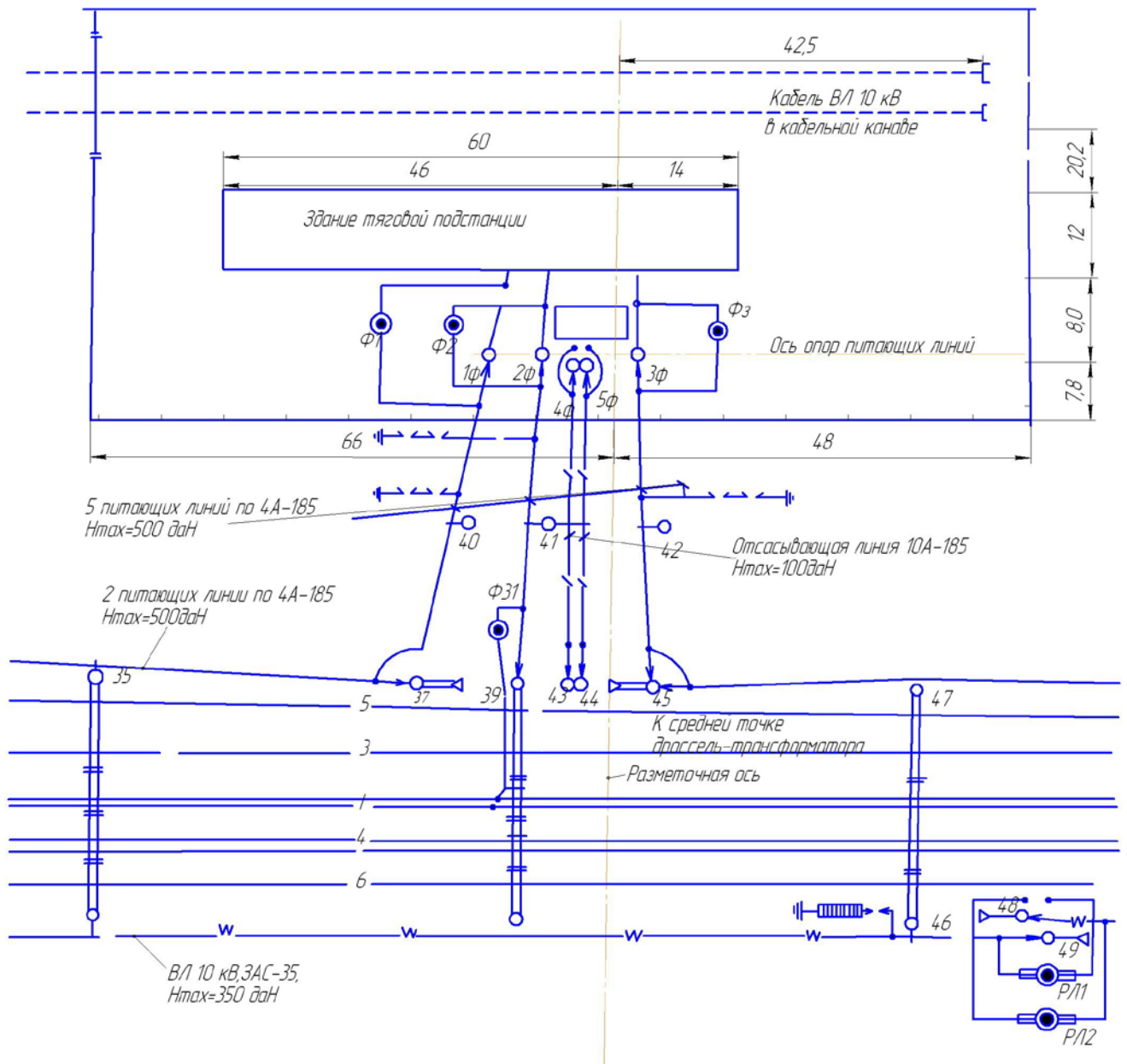


Рис.20 Схема трассировки питающих и отсасывающей линий от тяговой подстанции постоянного тока.

Присоединение станционной питающей линии к контактной сети производится через соответствующие секционные разъединители в месте, наиболее близко расположенном к тяговой подстанции.

б)

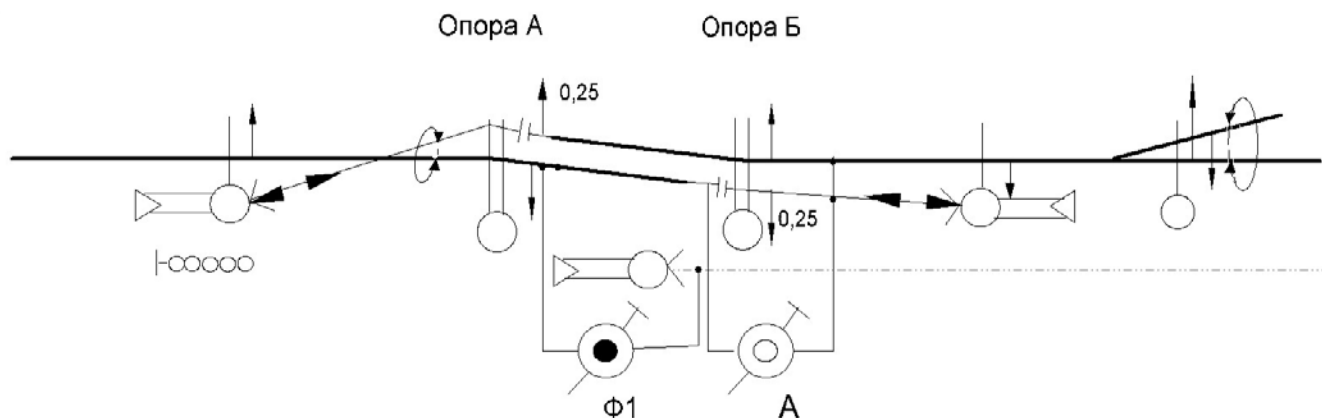


Рисунок 21 Подключение питающей линии к контактной сети перегона.

Присоединения перегонных питающих линий к контактной сети при расположении тяговой подстанции в пределах станции осуществляется в местах изолирующих сопряжений анкерных участков на ближайших к станции переходных опорах. (Рис.21)

При расположении тяговой подстанции за пределами изолирующего сопряжения анкерных участков, присоединение одной из перегонных питающих линий к контактной сети может быть осуществлено непосредственно у тяговой подстанции.

По окончании трассировки питающих линий, на монтажном плане станции необходимо составить спецификацию опор и сборных конструкций по форме, указанной в таблице 5.

Таблица 5 Спецификация опор и сборных элементов конструкций

Наименование	Кол- во	Наименование	Кол- во
Опора: С(СО, СС)136,6 - I С(СО, СС)136,6 - II С(СО, СС, СА)136,6 – III		Анкер ТА-4(..)	
		Оттяжка А-1(...)	
		Оттяжка А- 3(...)	
		Плита опорная	
Всего железобетонных опор		Комплект закладных деталей	

3.2 Трассировка контактной сети на перегоне

План перегона вычерчивают на листе № 2, в масштабе 1:2 000. Данные для составления плана перегона приведены в приложении 4 (табл.4.1 и 4.2). Заданный перегон примыкает к станции справа и начинается от входного светофора «О». Таким образом, перегон является продолжением станции; местоположения опор на станции и перегоне должны быть увязаны между собой.

План перегона подготавливается для последующей работы в виде прямой линии, ниже которой помещается его спрямленный план и еще ниже — таблица, по форме таблицы 6.

Таблица 6 **Маркировка опор, конструкций и сооружений на перегоне**

Тип консоли	
Тип фиксатора	
Тип опоры	
Габарит опоры	

Пикетаж опор	
Пикетаж искусственных сооружений	

Пикеты на плане перегона обозначаются по ходу километров в соответствии с заданием на проект. Кривые участки пути отмечают только на линии профиля с указанием направления поворота радиуса и длины кривой, все искусственные сооружения наносят на условную прямую линию соответствующими обозначениями. Границы расположения высоких насыпей (высотой более 5 м) показывают на спрямленном плане перегона с указанием высоты насыпей.

Размещение опор контактной сети на перегоне выполняют на прямой линии плана перегона, начиная с переноса на эту линию опор изолирующего сопряжения станции, к которому прилегает перегон. Привязку опор производят по входному сигналу «О», который обозначен и на плане станции и на плане перегона. При этом надо иметь в виду, что на плане станции пикет сигнала «О» показан условный (от оси пассажирского здания), а на перегоне — действительный.

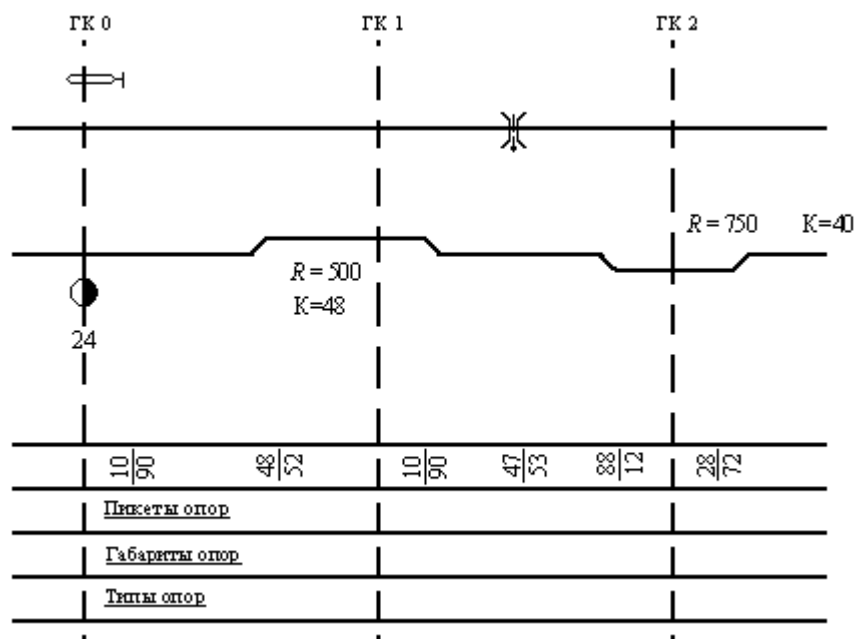


Рис. 22 Пикетаж рельефа местности и искусственных сооружений

Далее пролетами, по возможности равными максимально допускаемой длине пролета для соответствующего участка пути, производится расстановка всех опор как промежуточных. При этом разница в длине двух смежных пролетов не должна превышать 25% длины большего пролета.

Длины пролетов, расположенных частично на прямых и частично на кривых участках пути, следует принимать равными максимально допускаемым длинам пролетов для кривых участков.

Все опоры располагаются с одной стороны пути, противоположной той, с которой предполагается укладка второго пути.

Опоры, располагаемые у искусственных сооружений и переездов, должны отстоять от края этого сооружения или от обочины переезда на расстоянии не менее 5 м. Те пролеты, в которых будут расположены средние анкеровки (что может быть установлено примерной наметкой расположения анкерных участков), должны быть на 10% меньше, чем величина максимально допускаемого пролета.

При подходе к расположенному на перегоне мосту через реку следует прекратить расстановку опор примерно за 500 м до моста и произвести расстановку опор на мосту «с ездой понизу». Конструкция и габарит металлического моста через реку позволяют пропустить контактную подвеску, не изменяя её параметров и высоты контактных проводов. Несущий трос контактной

подвески следует подвесить на мосту в трёх-четырёх точках так, чтобы длина пролёта не превышала 40-45 м. При этом желательно расположить точки подвеса симметрично относительно оси моста, предполагая, что мост – конструкция симметричная. На плане контактной сети показываются точками места крепления несущего троса.

Контактную подвеску искусственного сооружения желательно выделить в один анкерный участок так, чтобы мост находился в его середине.

После размещения опор у моста производится их привязка к ранее установленным опорам и разбивка опор за мостом до конца перегона. При этом надо учесть, что на следующей станции также должен быть воздушный промежуток, поэтому между входным сигналом и первой стрелкой следующей станции опоры должны быть расположены с учетом возможности размещения этого воздушного промежутка.

Все пролеты обозначаются в соответствующих местах цифрами, подчеркнутыми снизу одной чертой. По окончании размещения всех опор производится разбивка перегона на анкерные участки. Длины анкерных участков следует определять с учетом конкретного расположения кривых в их пределах, желательно, чтобы кривые участки пути были расположены ближе к середине анкерных участков. Сопряжения анкерных участков должны выполняться по трехпролетной схеме и устраиваться на прямых и на внешней стороне кривых участков пути. Устройство сопряжения анкерных участков на внутренней стороне кривых нежелательно, а на кривых радиусом менее 1 200 м вообще недопустимо.

Анкерные участки, примыкающие к станциям, выполняют со средними анкеровками компенсированной подвески, но со стороны станции несущий трос не компенсируется.

Для компенсированных контактных подвесок длины анкерных участков, расположенных целиком на прямых участках пути, должны быть не более 1 600 м, для скоростного движения – не более 1 400 м (КС-160, КС-200). При наличии кривых в пределах анкерного участка длина его не должна превышать значений, указанных в приложении 6 (табл.6.6). Если анкерный участок частично расположен на кривой, то среднюю анкеровку смещают по возможности в сторону кривой.

После окончательной наметки мест анкеровок и нанесения условных

обозначений с номерами и длинами анкерных участков составляют их спецификацию по той же форме, что и для станции, и указывают места средних анкеровок.

Затем производят нумерацию всех опор (опоры изолирующих сопряжений в нумерацию перегона не включаются). У каждой опоры производят расстановку зигзагов, начиная с первой опоры перегона, учитывая, что в кривых участках пути зигзаг направлен в стороны выгиба кривой.

Устанавливают и записывают в соответствующие графы таблицы пикеты всех опор двумя цифрами (т. е. указанием расстояний от двух соседних пикетов) и габариты опор. Установку опор на прямых участках пути следует проектировать на расстоянии 3,1 м от оси пути до переднего края опоры. Габариты для опор, установленных в кривых участках пути указаны в приложении 6 (табл.6.7). В выемках опоры устанавливают за кюветом с габаритом 4,9 м.

Следует также произвести подбор опор контактной сети, консольных и поддерживающих конструкций, пользуясь приложением 6 (табл.6.1-6.5) и занести их в соответствующие графы таблицы по форме, указанной в таблице 5.

Подбор опорных, фиксирующих и поддерживающих устройств следует производить в зависимости от габарита опор контактной сети. Опоры контактной сети следует выбрать типовые марки СС 136.6 и СА 136.6 с разной несущей способностью. Первую несущую способность рекомендуется выбирать для промежуточных опор, вторую – для переходных, а третью – для анкерных опор.

Выбор консолей производится в зависимости от габарита опоры, места ее установки (внешняя, внутренняя стороны кривой, выемка), типа опоры (промежуточная, переходная, опора средней анкеровки). На переходной опоре устанавливается две консоли - одна для рабочей, другая для анкеруемой ветви.

Тип фиксатора выбирается в зависимости от направления зигзага контактного провода, габарита опоры, радиуса кривой. На переходных опорах в соответствие с наличием двух консолей, соответственно выбираются два фиксатора (для рабочей и анкеруемой ветвей).

Над штампом с основной надписью необходимо разместить спецификации анкерных участков, опор и сборных конструкций (Таблицы 4, 5).

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Сметная стоимость оборудования для сооружения контактной сети перегона.

Для сооружения контактной сети важно знать стоимость данного проекта, которую невозможно произвести без составления проектно-сметной документации. Основой для проведения таких расчётов является в первую очередь количество материалов и конструкций, без которых сооружение контактной сети оказывается невозможным. По составленному перечню вышеназванного оборудования и материалов подготавливают их запас на линейных комплектующих базах и прорабских пунктах. Такой перечень составляют, руководствуясь спецификациями к монтажным планам станций и перегонов.

В курсовом проекте необходимо определить стоимость необходимых материалов, поддерживающих и фиксирующих устройств для контактной сети, сооружаемой на перегоне.

Таблица 7 Сметная стоимость оборудования

Наименование	Количество, шт./ длина, км	Стоимость одной единицы	Стоимость общая
Опоры:			
СС 136.6 - I			
СС 136.6 - II			
СС 136.6 - III			
ССА 120.6- III			
Фундамент трехлучевой ТС 4.5-4			
Анкер ТА-4			
Оттяжка А-2			
Плита опорная ОП-2			
Комплект закладных деталей опор			
Фундамент клиновидный ФКА-98 -4.5			
Несущий трос (тип)			
Контактный провод (тип)			
Провод средней анкеровки ПБСМ-70			
Компенсатор блочно- полиспастный КБП-3-30 для анкеровки контактной подвески			
Успокоитель грузов тросовый			
Кронштейн успокоителя грузов			
Груз компенсаторный чугунный			

Изоляторы консольные			
КСФ, КСПК-100-3			
КСФ, КСПК-100-25			
Изоляторы фиксаторные			
ФСФ, ФСПК 100-3			
Изоляторы фиксаторные ФСФ, ФСПК 100-25			
Изоляторы подвесные ПС 70			
Изоляторы натяжные			
Провода:			
БСМ - 4			
БСМ - 6			
Консоли неизолированные			
швеллерные			
трубчатые			
Консоли изолированные			
швеллерные			
трубчатые			
Фиксаторы:			
ФП, ФПИ			
ФО, ФОИ			
ФА, ФАИ			
Итого по оборудованию			
Затраты на транспортные и заготовительно-складские расходы -6%			
Итого по сметной стоимости оборудования			

Для этого необходимо воспользоваться монтажным планом перегона, конкретно его спецификацией, заполнить предлагаемую таблицу 7 с учётом марки того оборудования, которое указано в соответствующих таблицах монтажного плана.

Пользуясь монтажным планом перегона, подсчитать необходимое количество материалов и устройств для контактной сети перегона.

Длина провода средней анкеровки для одного узла компенсированной контактной подвески рассчитывается следующим образом: к величине конструктивной высоты цепной контактной подвески, умноженной на 20 (две ветви средней анкеровки контактного провода) прибавляется две максимально допустимых длины пролета.

Количество струн в типовом пролете компенсированной контактной подвески можно принять для переменного тока 6-7 штук, для постоянного 11-12 штук. Длину струны можно принять равной величине конструктивной высоты контактной подвески. Длина рессорного троса составляет для переменного тока – 12-14 метров, постоянного тока – 18-20 метров.

Стоимость элементов и конструкций определяется согласно [14, стр.217]

Общие данные к анкерному участку контактной сети перегона свести в таблицу 7.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении по курсовому проекту необходимо дать анализ выполненной работы: сделать выводы по расчётам нагрузок и максимально-допустимых длин пролётов. Отобразить рациональность и мобильность схемы питания и секционирования и трассировки контактной сети станции и перегона. Обосновать выбор поддерживающих и фиксирующих устройств. Описать преимущества заданной системы тока. Сделать выводы по выполненной работе – проанализировать, реализованы ли задачи, сформулированные в начале проекта и достигнуты ли поставленные цели.

ПРИМЕРНАЯ ФОРМА ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ.

(наименование учебного заведения)

Рассмотрено предметной
Цикловой комиссией
Протокол №

« » _____ Г

Утверждаю:
Зам. директора по УР

« » _____ Г

ЗАДАНИЕ

на курсовой проект

обучающемуся группы:

специальности «Электроснабжение (по отраслям)

ТЕМА ПРОЕКТА

«Контактная сеть переменного (постоянного) тока».

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

№	Расчётные величины	Обозначение	Ед.измер.	Исх.данные
1	I.Характеристика участка <i>однопутный</i>			
II Характеристика цепной контактной подвески				
1	Система подвески: а)главный путь	<i>Рессорная компенсированная</i>		
	б) боковой путь	<i>полукомпенсированная</i>		
2	Конструктивная высота подвески			
3	Номинальное напряжение	<i>U</i>	<i>B</i>	
4	Тип подвески: а)главный путь			
	б) боковой путь	<i>ПБСМ-70+МФ-85</i>		
5	Тип консоли			
III Метеорологические условия				

6	Ветровой район:			
	Нормативная скорость максимального ветра	v_{max}	м/с	
	Скорость ветра при гололёде	v_2	м/с	
7	Гололёдный район			
	Толщина корки гололёда	b_n	мм	
	IV Рельеф местности			
8	Высота насыпи	H	м	
9	Глубина выемки	V	м	
10	Радиусы кривых	$R1, R2$	м	

ВОПРОСЫ, ПОДЛЕЖАЩИЕ РАЗРАБОТКЕ:

Введение

Глава 1 Теоретические аспекты проектируемого участка

- 1.1 Техническое описание заданной схемы станции и прилегающего перегона.
- 1.2 Разработка и описание схемы питания и секционирования станции и прилегающих перегонов (лист 1).
- 1.3 Мероприятия по охране труда и технике безопасности.

Глава 2 Расчетно-аналитическая часть

- 2.1 Определение нагрузок, действующих на провода контактной сети.
- 2.2 Определение максимально допустимых длин пролётов.
- 2.3 Технология трассировки контактной сети станции и прилегающего перегона
- 2.7 Стоимость оборудования для сооружения контактной сети перегона

Заключение

Список рекомендуемых источников

Графическая часть

- Лист 1. Схема питания и секционирования станции и прилегающих перегонов.
Лист 2. Монтажный план станции (Вычерчивается на листе миллиметровой бумаги в масштабе 1:1000, лист 2).
Лист 3. Монтажный план прилегающего перегона (Вычерчивается на листе миллиметровой бумаги в масштабе 1:2000, лист 3).

Дата выдачи задания: « ____ » _____

Дата сдачи курсового проекта: « ____ » _____

Руководитель курсового проектирования _____

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ:

Таблица 2.1. Типы контактных подвесок.

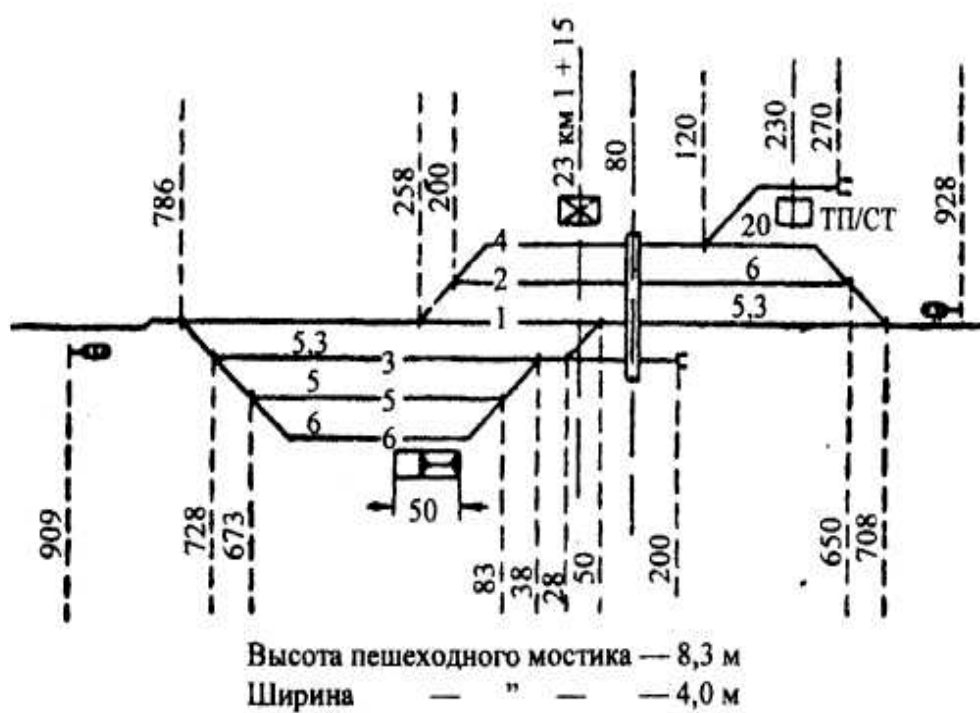
Ном ер варианта	Несущи й трос	Контактн ый провод	Система тока	Тип подвески
боковой путь				
-	ПБСМ-70	МФ-85	постоянн ый переменн ый	КС 70
главный путь				
1	М-120	БрФ-100	постоянн ый	КС 140
2	М-95	МФ-150	постоянн ый	КС 160
3	М-95	2МФ-100	постоянн ый	КС 120
4	М-120	2МФ-100	постоянн ый	КС 140
5	М-95	2МФ-120	постоянн ый	КС 160
6	ПБСМ-95	НлФ-100	переменн ый	КС 120
7	М-95	БрФ-100	переменн ый	КС 160
8	МСН-70	БрФ-100	переменн ый	КС 140
9	М-95	МФ-100	переменн ый	КС 160

10	ПБСМ-95	МФ-100	переменн ый	КС 140
11	МСН-95	2МФ-100	постоянн ый	КС 120
12	ПБСМ-95	МФ-100	переменн ый	КС 160
13	М-95	2МФ-100	постоянн ый	КС 140
14	ПБСМ-95	МФ-120	переменн ый	КС 160
15	МСН-95	МФ-100	переменн ый	КС 140

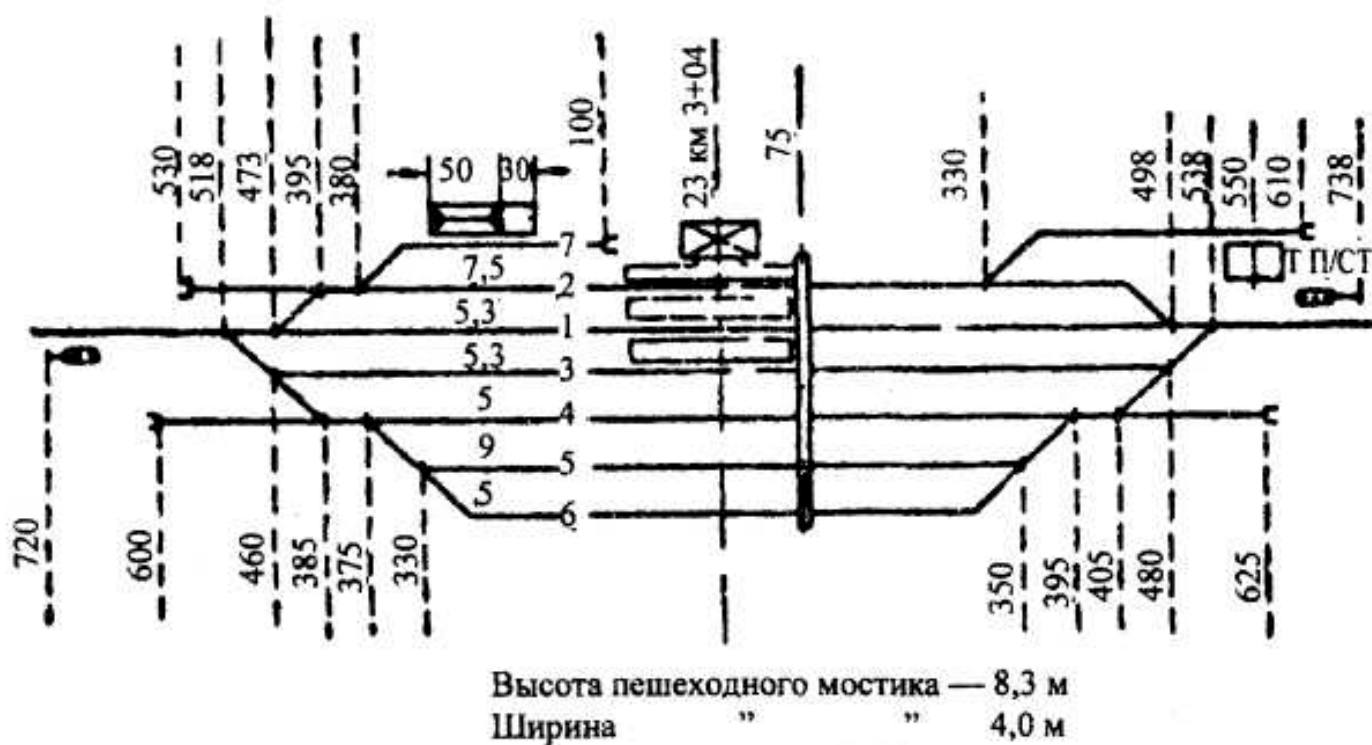
Таблица 2.2. Типы ветровых и гололёдных районов.

Номер варианта	Ветровой район	Гололёдный район
1	I	II
2	II	I
3	III	III
4	IV	V
5	V	III
6	VI	IV
7	VII	V
8	III	I
9	V	IV
10	IV	III
11	II	II
12	I	III
13	III	V
14	VI	III
15	VII	IV

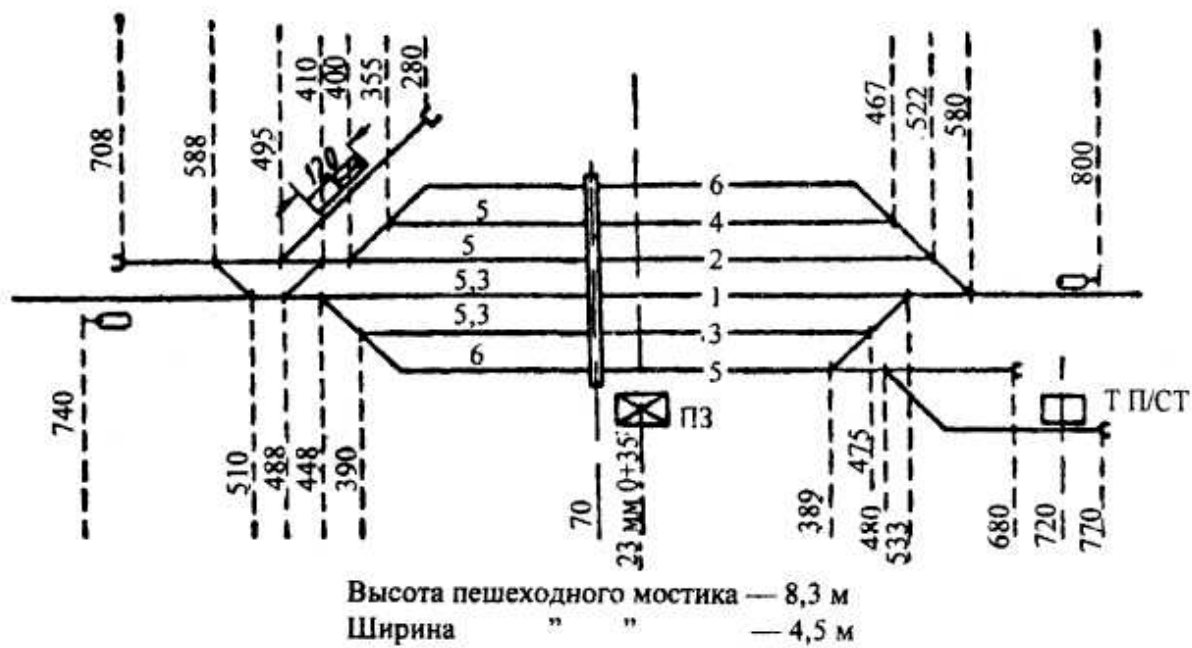
СХЕМЫ СТАНЦИЙ.



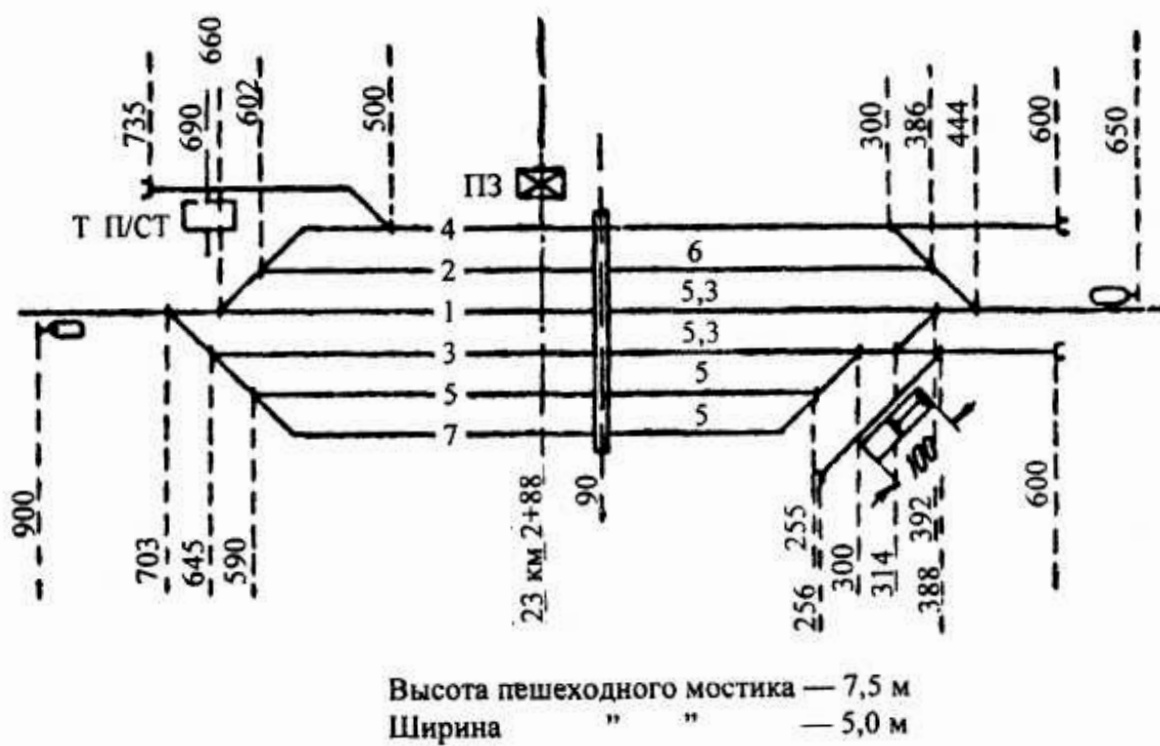
Станция 1



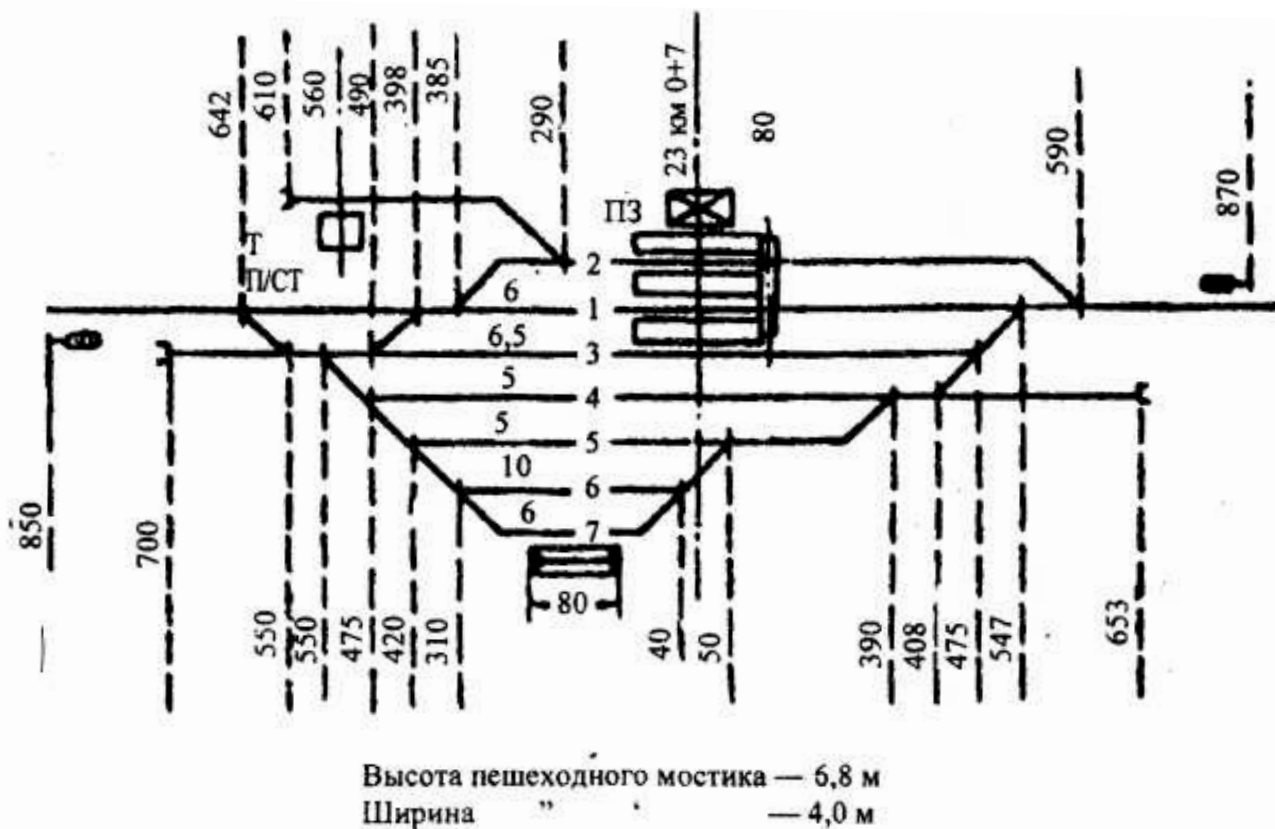
Станция 2



Станция 3

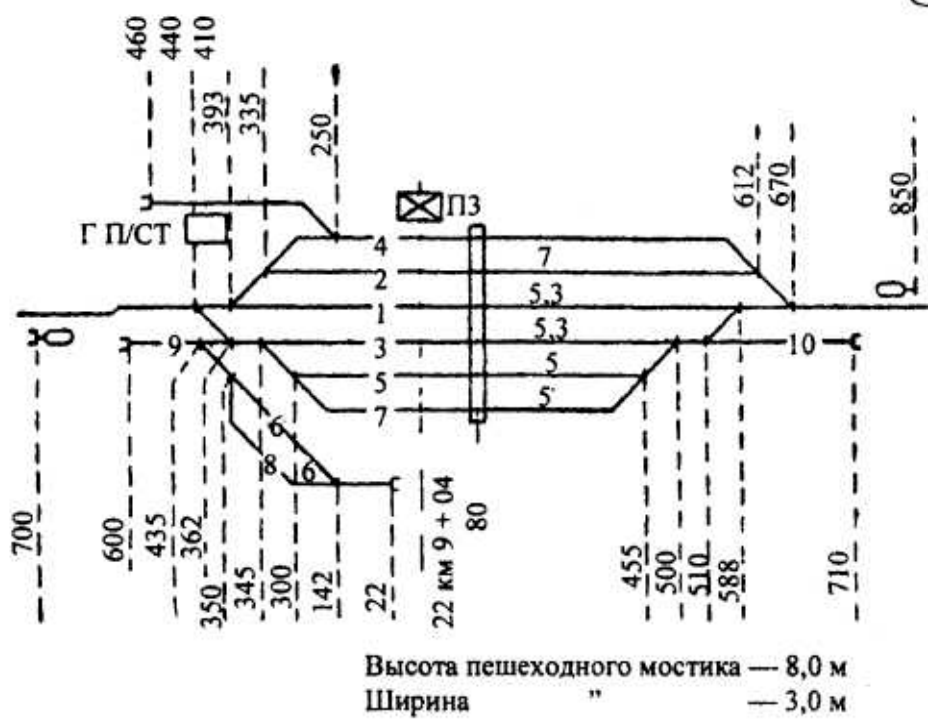


Станция 4



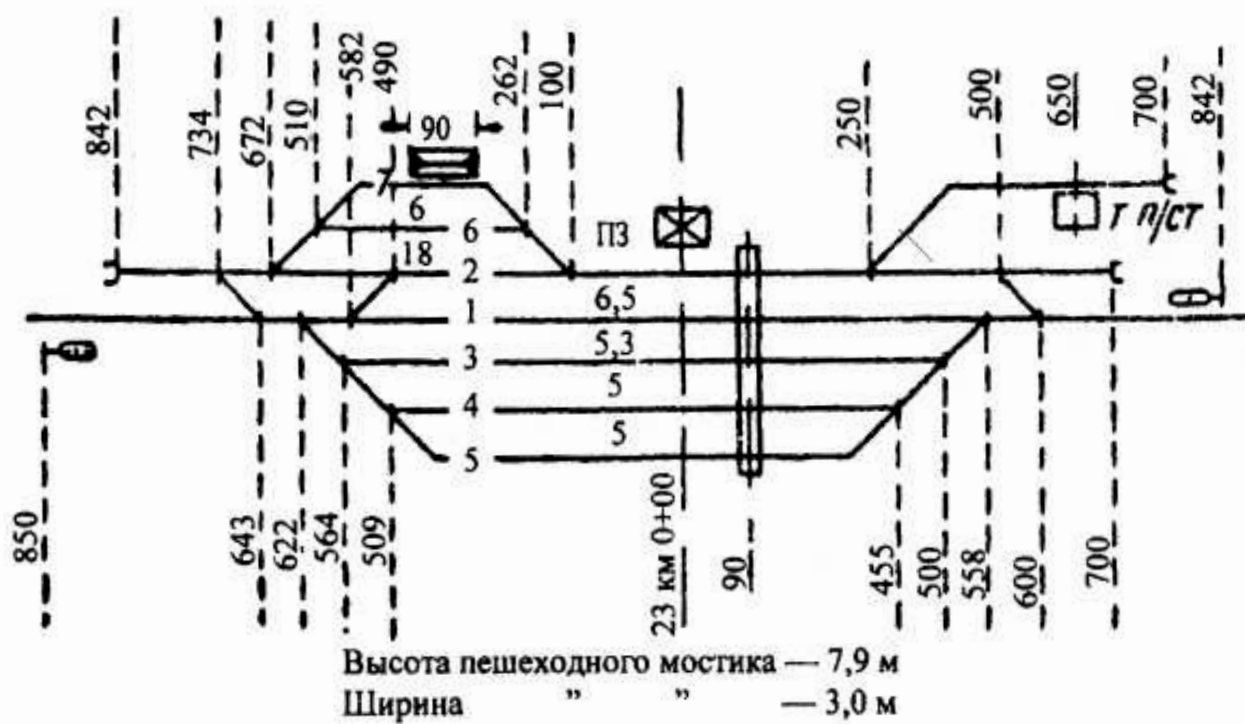
Станция 5

Станция 6

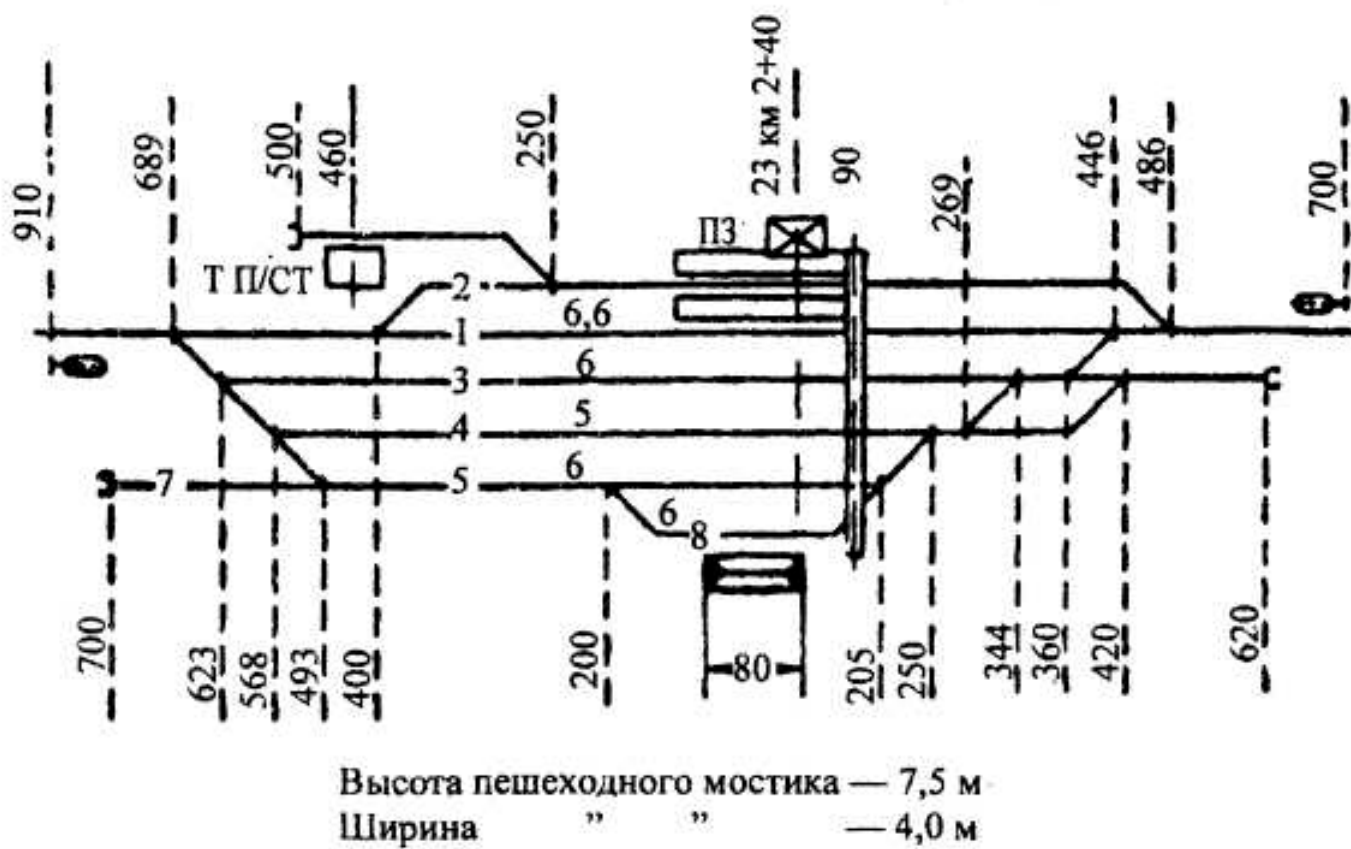




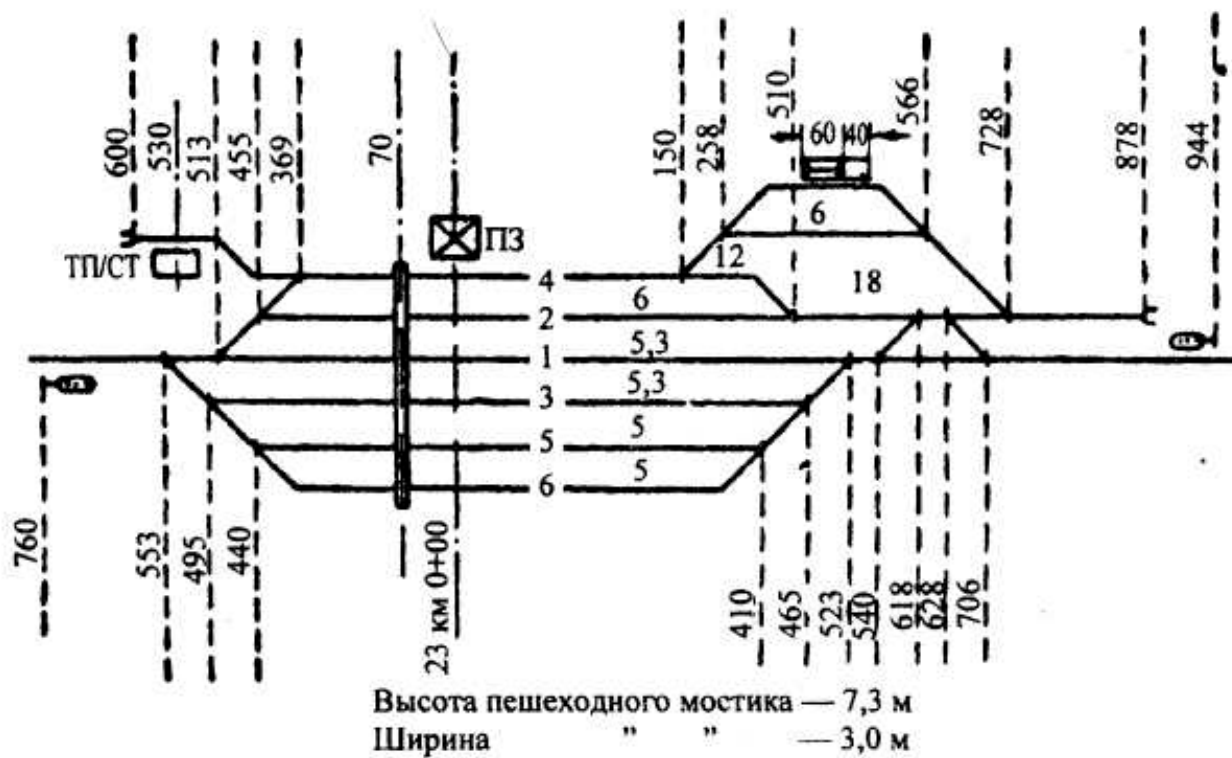
Станция 7



Станция 8



Станция 9



Станция 10

ДАННЫЕ ДЛЯ ТРАССИРОВКИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ НА ПЕРЕГОНЕ

Таблица 4.1 Данные для трассировки контактной сети на перегоне

Сигналы, сооружения и кривые	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Входной сигнал заданной станции «О»	24км 0+43	24км 0+42	23км 8+35	23км 9+38	23км 8+77	23км 7+54	23км 9+38	23км 8+42	23км 9+40	23км 9+44
Начало кривой R1, центр слева по ходу километров	24км 9+48	24км 8+60	24км 2+17	24км 1+72	24км 6+92	24км 0+27	24 км 9+75	24км 7+98	24км 8+20	24км 8+40
Конец кривой	25 км 3+27	25км 4+82	5+38	4+27	9+27	4+29	25 км 4+28	9+40	25км 2+16	25км 1+20
Ось каменной трубы с отв.1,1м	4+50	5+16	5+94	4+96	25 км 3+82	5+06	8+15	25 км 2+20	6+14	4+10
Начало кривой R2, центр справа	4+88	5+29	7+37	5+95	5+16	5+38	9+38	4+06	8+77	6+60
Конец кривой	26км 0+17	26км 2+62	25км 4+64	25км 4+37	26км 0+60	25км 1+94	26км 3+11	26км 0+10	25км 4+28	26км 2+08
Мост через реку «с ездой понизу»:										
Пикет оси моста	5+16	8+11	8+27	8+29	6+20	6+58	6+28	6+20	7+30	8+50
Длина моста,м	125	150	130	145	135	140	120	110	130	150

Ось железобетонной трубы с отв.3,5м	7+08	9+20	26 км 0+09	9+85	7+85	8+92	8+08	5+85	9+11	9+00
Начало выемки глубиной 7-10 метров	27км 0+95	27км 2+15	4+30	26км 4+76	26км 3+12	26км 2+28	27км 1+35	26км 4+76	26км 4+27	26км 3+30
Конец выемки	3+80	5+40	7+30	8+16	7+20	6+60	4+30	8+16	7+50	6+40
Входной сигнал следующей станции	5+27	8+95	27км 0+18	27км 0+27	27км 0+97	9+98	9+15	27км 0+27	27км 0+02	27км 1+10
Ось переезда шириной 6м	6+12	28км 0+05	1+28	1+30	1+90	27км 0+96	28км 0+28	1+30	2+12	3+02
Первая стрелка следующей станции	7+00	1+16	2+02	2+12	2+16	1+20	1+16	2+12	4+00	4+60

Примечания:

1 В обозначениях пикетных отметок цифры показывают: первая цифра- номер пикета, две другие –расстояние в метрах от этого пикета.

2 Высота металлического моста «с ездой понизу» - 7 метров.

3 По обе стороны моста на длине 200 метров располагается насыпь высотой 7-10 метров

Таблица 4.2 Радиусы кривых на перегоне

Радиусы кривых	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1,м	300	450	600	550	350	400	500	650	700	900
R2,м	1000	1100	1200	300	1050	1300	1400	800	1500	1450

ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЁТА

Таблица 5.1 Основные данные проводов

Марка провода	Площадь расчетного сечения	Высота Сечения Н, мм, или диаметр d, мм	Ширина сечения, А, мм	Линейная нагрузка от веса провода g, Н/м	$24\alpha \cdot 10^{-6}$, $1/^\circ\text{C}$	α ES, H°C	Разрушающая нагрузка при растяжении проводов R, кН
ПБСМ 70	69,9	11,0	-	6,1	319	138,2	48,7
ПБСМ 95	90,6	12,5	-	7,8	319	179,3	62,9
МСН 70	69,9	11,0	-	6,1	319	138,2	45,3
МСН 95	90,6	12,5	-	7,8	319	179,3	58,7
М 95	92,5	12,6	-	8,4	408	173,8	33,5
М 120	117,0	14,0	-	10,6	408	219,8	41,06
МФ 85	85	10,8	11,76	7,6	408	187,8	31,3
МФ 100	100	11,8	12,8	8,9	408	221,0	36,26
МФ 120	120	12,9	13,9	10,7	408	260,0	42,9
БрФ 100	100	11,8	12,8	8,9	408	221,0	41,16
НлФ 100	100	11,8	12,8	8,9	408	221,0	37,73
НлФ 120	120	12,9	13,9	10,7	408	260,0	44,6

Таблица 5.2 Натяжение проводов контактной сети

Наименование провода	Марка провода	Номинальное натяжение провода, даН	Максимальное натяжение провода, даН
Несущий трос	М-95	14500	16000
	М-120	18000	20000
	ПБСМ-70	10000-15000	16000
	ПБСМ-95	16000-18000	20000
	МСН-70	10000-15000	16000
	МСН-95	16000-18000	20000
Контактный провод	МФ-85	8500	10500

	МФ-100	10000	12000
	2МФ-100	20000	24000
	БрФ-100	13000	15000
	2БрФ-100	26000	30000
	БрФ-120	14250	15700
	МФ-120	12000	13200
	НлФ-120	12000	13200
	МФ-150	15000	17500

Примечание: Натяжение несущего троса в компенсированных подвесках устанавливается проектом в зависимости от сечения и материала проводов в пределах 14-20 кН. При этом оно должно быть на 10% меньше, чем максимальное допустимое натяжение некомпенсированного несущего троса той же марки и сечения.

Таблица 5.3 Аэродинамический коэффициент лобового сопротивления провода ветру

Характеристика проводов	Значение коэффиц. C_x
Одиночные провода и тросы диаметром менее 20 мм	1,2
Одиночные контактные провода несущие тросы контактной подвески с учётом зажимов и струн	1,25
Одиночные овальные контактные провода	1,15
Одиночные контактные провода сечением 150 мм²	1,3
Двойные контактные провода при расстоянии между ними 60 мм	1,85
То же на насыпях высотой более 5 м	2,15

Таблица 5.4 Значение коэффициента ветрового воздействия.

Характеристика местности и значение шороховатости Z_0	Значение коэффициента K_v для различного профиля участка					
	Выемки глубиной, м		Нулевое место	Насыпи, эстакады, мосты высотой, м		
	7 и более	5		5	10	15
Открытая ровная поверхность без растительности (озёра, водоёмы, поймы рек)	0,98	1,1	1,26	1,35	1,43	1,47
Степь, равнина, луг	0,8	0,93	1,1	1,18	1,21	1,3
Открытая равнинная местность с невысоким редким лесом	0,7	0,83	1,0	1,09	1,16	1,22
Открытая холмистая местность или равнинная поверхность с редким лесом высотой 6-7 метров, садами, парками	0,65	0,77	0,94	1,03	1,1	1,15
Участки, защищённые лесозащитными насаждениями, не подлежащими вырубке	0,43	0,55	0,73	0,85	1,0	1,13
Не подлежащий вырубке густой лес с высотой деревьев не менее 10м	0,27	0,38	0,6	0,78	0,95	1,03

Таблица 5.5 Нормативные значения ветрового давления и скорости ветра

максимальной интенсивности

Ветровые районы России (СНиП 2.01.07)	Ia	I	II	III	IV	V	VI	VII
Нормативное значение ветрового давления q_0, Па	194	262	342	433	547	684	832	969
Нормативное значение скорости ветра, v_0, м/с	18	21	24	27	30	33	37	40

**Таблица 5.6 Нормативные значения скорости ветра при гололеде,
нормативная толщина стенки гололеда, нормативная линейная нагрузка на
струнах**

Районы России по толщине стенки гололеда (СНиП 2.01.07)	I	II	III	IV	V
Нормативная толщина стенки гололеда b_n, мм	5	10	15	20	25
Нормативное значение ветрового давления $q_{г0}$, Па	92	100	117	167	192
Нормативное значение скорости ветра при гололеде, $v_{г0}$, м/с	12	13	14	17	18
Ориентировочные значения нормативной линейной нагрузки от веса гололеда на струнах контактной подвески, $g_{гс}$, Н/м	0,1	0,3	0,6	1,0	1,3

Таблица 5.7 Значения поправочного коэффициента k_b к толщине стенки гололеда в зависимости от местных условий

Вид поверхности	Насыпь высотой, м						Выемка глубиной, м		Незащищенная от ветра, открытая ровная поверхность	Лес, здания, стационарные постройки с высотой более высоты расположения проводов
	5	10	15	20	25	30 и более	5	7 и более		
Поправочный коэффициент k_b	1,1	1,2	1,3	1,4	1,45	1,5	0,75	0,6	1,1	0,8

Примечание: в учебных расчетах допустимо принимать на насыпях высотой до 5 м и в выемках глубиной до 5 м значение коэффициента $k_b=1,0$.

Таблица 5.8 Прогиб опоры под действием ветра

Уровень подвеса провода	Величина прогиба опоры при скорости ветра, м/с			
	до 25	30	35	40
на уровне подвеса контактного провода	0,01	0,015	0,022	0,03
на уровне подвеса несущего троса	0,015	0,022	0,033	0,04

ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫБОРА ФИКСИРУЮЩИХ И ПОДДЕРЖИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ И ТРАССИРОВКИ АНКЕРНЫХ УЧАСТКОВ.

Таблица 6.1 Данные для подбора фиксаторов для опор контактной сети

Род тока и тип консоли	Место установки опоры	Прочие условия	Типы фиксаторов при габарите опоры,м				
			3,1-3,2	3,3	3,4-3,5	4,9	5,7
Постоянный, неизолированные	Прямая	Зигзаг к опоре	ФП-I			ФП-III	ФП-IV
		Зигзаг от опоры	ФО-II	ФО-III		ФО-V	ФО-VI
	Внешняя сторона кривой	R>1501м	ФП-II			ФП-V	
		R _{таб} <R <1500м	УФП-II			УФП-V	
		R _{таб} >R >601м	ФГ				
		R<600м	ФГ2				
	Внутренняя сторона кривой	R>1501м	ФО-I		ФО-II	ФО-IV	ФО-V
		1500м>R >600м	УФО-I			УФО- II	УФО- III
		R<600м	УФО-2-I			УФО- 2-II	УФО-2- III
	Переменный, неизолированы	Прямая	Зигзаг к опоре	ФП-I			ФП-IV
Зигзаг от опоры			ФО-II			ФО-V	ФО-VI
Внешняя		R>R _{таб}	ФП-II			ФП-V	

	сторона кривой	$R_{таб}>R>601м$	ФГ				
		$R<600м$	ФГ2				
	Внутренняя сторона кривой	$R>601м$	ФО-I	ФО-II	ФО-IV	ФО-VI	
		$R<600м$	ФО-2-I	ФО-2-II	ФО-2-IV	ФО-2-VI	
Прямая, изолированные	Прямая	Зигзаг к опоре	ФПИ-I	ФПИ-II	ФПИ-IV	ФПИ-V	
		Зигзаг от опоры	ФОИ-III	ФОИ-IV	ФОИ-VI	ФОИ-VII	
	Внешняя сторона кривой	$R>R_{таб}$	ФПИ-III		ФПИ-V	ФПИ-VI	
		$R_{таб}>R>601м$	ФГИ				
		$R<600м$	ФГИ2				
	Внутренняя сторона криво	$R>601м$	ФОИ-II		ФОИ-III	ФОИ-V	ФОИ-VI
		$R<600м$	ФОИ2-II	ФОИ2-III		ФОИ2-V	ФОИ2-VI
	Прямая, сопряжение	Опора А	рабочая	ФПИ-I		ФПИ-II	ФПИ-V
анкеруемая			ФАИ-III		ФАИ-IV	ФАИ-VI	ФАИ-VII
Опора Б		рабочая	ФОИ-III		ФОИ-IV	ФОИ-VI	ФОИ-VII
		анкеруемая	ФАИ- IV			ФАИ-V	ФАИ-VII

Таблица 6.2 Табличные значения радиусов кривых участков пути, $R_{\text{таб}}$.

Расчётные	Наибольшие радиусы кривых, м, при длине пролёта, м
-----------	--

скорости ветра, м/с	40	50	60	70
25	900/1050	1000/1150	1100/1250	1150/1350
30	750/850	800/950	850/1050	900/1100
35	600/750	650/800	650/850	-/850
40	500/600	500/650	550/700	-/
45	400/500	450/550	-/550	-/
50	350/450	350/450	-/-	-/

***Примечание:** В числителе приведены данные для подвесок с одним контактным проводом, а в знаменателе – с двумя контактными проводами.*

Таблица 6.3 Условия применения гибких фиксаторов

Расчетная скорость ветра, м/с	Максимальный радиус кривой, м, при котором производится установка гибких фиксаторов, при длине пролета, м			
	40	50	60	70
До 25	900/1150	1000/1150	1100/1250	1150/1350
30	750/850	800/950	850/1050	900/1100
35	600/750	650/800	650/850	—/850
40	500/600	500/650	550/700	—
45	400/500	450/550	—/550	—
50	350/450	350/450	—	—

***Примечания:** В числителе указаны радиусы для одного контактного провода, в знаменателе – для двух. Прочерки означают, что в этих условиях установка гибких фиксаторов не допускается.*

Таблица 6.4 Условия применения прямых наклонных неизолированных консолей на участках постоянного тока.

Тип опоры	Место установки опоры и ветвь подвески			Тип консоли при габарите,м			
				3,1-3,2	3,3	3,4-3,5	4.9
промежуточная	прямая			НТРИ-I (НТРИ-Iп)			НР-III-
	Внешняя сторона кривой	R>600м		НР-I-5			6,5
		R<600м					НС-III
	Внутренняя сторона кривой	R>1000м		НС-I-6,5			-6,5
		R<1000M					
Возд. стрелка	прямая			НС-I- 6,5	НС-II- 6,5		НС- III-6,5
Средняя анкеровка	прямая			НР-I-5			НР-III-
	Внешняя сторона кривой	R>600м					6,5
		R<600м					НС- III-6,5
	Внутренняя сторона кривой	R>1000м		НС-I-5			НР-III- 6,5
		R<1000M		НС-I-6,5			НС- III-6,5
переходная опора сопряжения анк	Опора А	рабочая		НР-I-5	НР-II-5		НР-6,5
		анкеруемая	3,1-3,5				НС-
		ветвь, габарит	4,9-5,7	НС-I-5	НС-I-5 (НС-II- 5)		III-6,5
	Опора Б	рабочая		НР-I-5	НР-II-5		НР-III- 6,5
		анкеруемая	3,1-3,5				НС-
		ветвь, габарит	4,9-5,7	НС-I-5	НС-II-5		III-6,5

Таблица 6.5 Условия применения изолированных консолей на участках переменного тока.

Тип опоры	Место установки и ветвь	Тип консоли при габарите опоры,м
-----------	-------------------------	----------------------------------

	подвески		трубчатых	швеллерных			
			3,1-3,5	3,1-3,2	3,3	3,4-3,5	4,9
Промежуточная	прямая		ИТР-II	ИР-II- 5			ИР-V-5п
	Внешн. стор.кривой	R<800м	ИТР-IIп				
		R>800м	ИТР-II				
	Внутр. стор.кривой	R<1000м	ИТС-IIп	ИС-II-5; ИС-II- 5п			ИС-V-5п
		R>1000м	ИТС-II				
Возд.стрелка	прямая			ИР-II- 5; ИС-II-5	ИР-II- 5; ИС-III-5	2 ИС-III-5	ИР-V-5п; ИС-V-5п
Средняя анкеровка	прямая		ИТС-II	ИС-II- 5			ИС-V-5п
	Внешн. стор.кривой	R<800м	ИТС-IIп	ИС-II- 5п			
		R>800м	ИТС-II	ИС-II- 5			
	Внутр. стор.кривой	R<1000м	ИТС-IIп	ИС-II- 5п			
		R>1000м	ИТС-II	ИС-II- 5			
Переходная опора сопряжения анк.участков	Опора А	Рабочая ветвь	ИТР-II	ИР-II- 5			ИР-V-5п;
		Анкеруемая ветвь	ИТС-II	ИС-II- 5; ИС-II- 5п			ИС-V-5п
	Опора Б	Рабочая ветвь	ИТР-II	ИР-II- 5			ИР-V-5п;
		Анкеруемая ветвь	ИТС-II	ИС-II- 5 ИС-II- 5п;			ИС-V-5п

Таблица 6.6 Длины анкерных участков для кривых участков пути на перегоне

Радиус кривой, м	Наибольшая длина анкерного участка, м, для типа подвески			
	полукомпенсированная		компенсированная	
	МФ-100	2МФ-100	МФ-100	2МФ-100
300	800	800	1100	1000
400	900	900	1280	1180
500	950	950	1400	1300
600	1000	1000	1560	1480
700	1040	1040	1600	1560
800	1050	1050	1600	1600
1000	1150	1150	1600	1600
1200	1200	1160	1600	1600
1500	1240	1180	1600	1600
2000	1300	1220	1600	1600

Таблица 6.7 Габарит опор на кривых участках пути

Габарит опоры, м, со стороны кривой	Радиус кривой						
	300- 600	700- 1200	1300- 1800	1900- 2000	2500	3000	4000
внутренней	3,5	3,45	3,4	3,35	3,3	3,25	3,2
внешней	3,2	3,15	3,15	3,15	3,15	3,1	3,1

Вопросы к защите курсового проекта по дисциплине

«Контактная сеть»

Тема 1. Контактные подвески

1. Сформулируйте понятие стрелы провеса контактного провода.
2. От чего зависит стрела провеса контактного провода?
3. Перечислите требования, предъявляемые к цепным контактными подвескам.
4. По каким типам классифицируют цепные контактные подвески?
5. Назовите типы контактных подвесок по способу подвешивания проводов.
6. Назовите типы контактных подвесок по способам анкеровки проводов.
7. Назовите типы контактных подвесок по типу струн у опор.
8. Назовите типы контактных подвесок в зависимости от расположения проводов подвески в плане относительно оси пути.
9. Какое влияние на работу контактной подвески оказывает гололёд?
10. Какое влияние на работу контактной подвески оказывает ветер?
11. Перечислите установленные скорости движения поездов.

Тема 2. Основные материалы контактной сети

12. Перечислите требования, предъявляемые к контактными проводам, марки контактных проводов.
13. Перечислите требования, предъявляемые к несущим тросам, марки несущих тросов.
14. Какие марки проводов применяют для проводов питающих и усиливающих линий?
15. Перечислите некоторые типовые сочетания проводов контактных подвесок.
16. Назначение изоляторов контактной сети, их классификация.
17. Перечислите требования, предъявляемые к изоляторам.
18. Назовите типы изоляторов для контактной сети.
19. В чём заключаются преимущества полимерных изоляторов?

Тема 3. Арматура и узлы контактной сети

20. Какими способами крепят несущий трос на поддерживающей конструкции?
21. Какие детали применяют для крепления изоляторов контактной сети и несущих тросов?
22. Какими деталями производят окончание и анкеровку проводов контактной сети?
23. Какие материалы используют для изготовления арматуры контактной сети?
24. Какой длины должно быть первое от контактного провода звено у струны?
25. Назначение и требования, предъявляемые к фиксаторам контактной сети.
26. Перечислите основные типы фиксаторов для контактной сети и область их применения.
27. Назначение и типы электрических соединителей.
28. Перечислите типы опорных узлов, объясните влияние типа опорного узла

контактной подвески на её эластичность.

29. Назначение и выполнение средней анкеровки контактной подвески полукомпенсированного типа.

30. Назначение и выполнение средней анкеровки контактной подвески компенсированного типа.

31. Требования, предъявляемые к воздушным стрелкам цепных контактных подвесок; как образуются воздушные стрелки?

32. Назначение скользящих струн.

Тема 4. Ветроустойчивость контактной сети.

33. Перечислите виды нагрузок на провода контактной сети и расчётные режимы.

34. От чего зависит расчётная толщина стенки гололёда?

35. Какие коэффициенты учитывают изменение ветровой нагрузки?

36. Назовите допустимые горизонтальные отклонения контактного провода от оси токоприёмника и величину зигзага.

37. Какой величины устанавливается максимально-допустимая длина пролёта на прямом участке пути согласно Правилам устройства и технической эксплуатации контактной сети (ПУТЭКС) и почему?

Тема 5. Питание и секционирование контактной сети.

43. Назовите способы питания и секционирования контактной сети.

44. Что такое продольное секционирование контактной сети? Чем оно выполняется?

45. Что такое поперечное секционирование контактной сети? Чем оно выполняется?

46. Что такое изолирующее сопряжение анкерных участков? Что оно должно обеспечивать?

47. Объясните назначение и выполнение нейтральной вставки.

48. Назначение и требования, предъявляемые к секционным изоляторам.

Тема 6. Составление монтажных планов контактной сети.

50. Назовите габариты проводов и опор контактной сети на станциях и перегонах.

51. В какой последовательности производится расстановка опор на станции? Как выбирается место установки фиксирующих опор контактной сети?

52. Назовите максимальную длину анкерного участка контактной подвески. Почему существуют ограничения по длине анкерного участка цепной контактной подвески?

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основные источники:

1. Федеральный закон «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» от 10.01.2003 № 17-ФЗ в ред. от 13 июля 2015 г.
2. Федеральный закон «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» от 10.01.2003 № 18-ФЗ в ред. от 6 апреля 2015 г.
3. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: утв. Приказом Минтранса РФ от 21 дек. 2010г. № 286 с изм. и доп. от 4 июня 2012г., 30 марта 2015 г.
4. Нормы проектирования контактной сети (СТН ЦЭ 141-99) МПС России. – М.: Трансиздат, 2007.
5. Основные типовые решения по контактной сети: справочное пособие. – М.: МПС России, Трансэлектропроект, 2002г.
6. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог утверждены МПС России 11.12.2001г. ЦЭ-868, 2006.
7. Правила безопасности при эксплуатации контактной сети и устройств электроснабжения автоблокировки железных дорог ОАО «РЖД» № 103 от 16.12.2010.
8. Инструкция по безопасности для электромонтеров контактной сети. №104 от 16.12.10г.
9. Железные дороги колеи 1520 мм (СТН Ц-01-95) для скоростных линий.
10. Строительные нормы и правила Российской Федерации. Железные дороги колеи 1520 мм. СНиП 32-01-95.
11. Сборник технических указаний, информационных материалов и руководящих документов по хозяйству электроснабжения железных дорог. Ежегодное издание ЦЭ ОАО «РЖД». – М.: Трансиздат.
12. Типовой проект организации труда работников района (дистанции) контактной сети: (утв. МПС СССР 24.12.2001 г.).
13. Отраслевые сборники сметных цен на материалы, изделия и конструкции для строительства объектов железнодорожного транспорта (ОССЦо -2001. Вып 1-5),

введенные в действие распоряжением ОАО «РЖД».

14.Зимакова А.Н, Гиенко В.М., Скворцов В.А. Контактная сеть электрифицированных железных дорог. - М: ГОУ УМЦ на ж. д. транспорте , 2010. – 233 с

Дополнительные источники:

15. Сборник технических указаний, информационных материалов и руководящих документов по хозяйству электроснабжения железных дорог. -М.: ОАО «РЖД». – М.: Трансиздат, 2001. – 95 с.

16. Бондарев, Н.А. Контактная сеть: учебник для студентов техникумов и колледжей ж-д транспорта / Н.А. Бондарев, В.Е. Чекулаев - М.: Маршрут, 2006. - 590 с.

17 Ерохин Е.А. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание контактной сети и воздушных линий. - М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007. – 16 с.

18 Южаков Б.Г. Технология и организация обслуживания и ремонта устройств электроснабжения. - М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2004. – 275 с.

Интернет-ресурсы и средства массовой информации:

19 <http://www.eav.ru/pdf/eav2011-10.pdf> Евразия вести.

20 Международный информационный научно-технический журнал «Локомотив-информ». В Интернете: http://railway-publish.com/journ_li.html

3.Транспорт России: еженедельная газета. В Интернете: www.transportrussia.ru

