

Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Управление учебных заведений и правового обеспечения

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



## Контактная сеть (вариативная часть)

специальность **13.02.07**

## Контактная сеть (вариативная часть)

### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

*по выполнению курсового проекта профессионального модуля*

**«Техническое обслуживание оборудования  
электрических подстанций и сетей»**

специальность **13.02.07**  
Электроснабжение (по отраслям)

→ базовая подготовка среднего  
профессионального образования

Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Управление учебных заведений и правового обеспечения

---

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

## **КОНТАКТНАЯ СЕТЬ** **(вариативная часть)**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

*по профессиональному модулю*

«Техническое обслуживание оборудования  
электрических подстанций и сетей»

специальность **13.02.07**  
Электроснабжение (по отраслям)

*базовая подготовка  
среднего профессионального образования*

Методические рекомендации рассмотрены и одобрены на заседании Учебно-методического совета по специальности 13.02.07 Электрооборудование (по отраслям) Координационно-методического совета по подготовке специалистов со средним профессиональным образованием и профессиональной подготовке рабочих.

Председатель УМС *Б.Г. Южаков*  
Протокол № 15 от 03–04 марта 2016 г.

**Автор**—*Л.П. Чайкина*, преподаватель Брянского филиала ФГБОУ ВО «Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II»

**Рецензент** — *Е.В. Попова*, преподаватель техникума железнодорожного транспорта – филиала ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

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

© Чайкина Л.П., 2017

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

## 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 обучающихся 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 1×25 кВ», но могут быть взяты за основу при выполнении проектов по другим темам вариативной части данного профессионального модуля. 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 курсового проекта.

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 ГОСТа 2.105-95 «Общие требования к текстовым документам» и ГОСТа 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 1×25 кВ».

Задание по курсовому проектированию должно быть разнообразным по содержанию, но одинаковым по объему и степени сложности с учетом 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 железнодорожной 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 (см. Приложение 2), при этом номер варианта соответствует поряд-

ковому номеру обучающегося, если номер от 1 до 15, и порядковый номер минус 15, если номер больше 15.

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

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

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

Схемы железнодорожных станций выбираются из Приложения 3, номер железнодорожной станции соответствует порядковому номеру обучающегося, 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 обучающегося, 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 Электроснабжение (по отраслям), 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 (см. 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 — железнодорожной станции и перегона.

При выполнении курсового проекта необходимо учитывать приведенные ниже объемы пояснительной записки и графической части в процентном выражении (количество листов).

Пояснительная записка:

- введение — 5 % (1–2); (2–3);
- теоретические аспекты проектируемого участка — 15 % (3–6); (6–8);
- расчетно-технологическая часть — 30 % (6–12); (12–14);
- 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 А4 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 — 5 мм. (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 А4 с рамкой и «большим» штампом. Далее все листы пояснительной записки выполняются на листе формата А4 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 него. 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 образовательной организацией 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 которые 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 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 железнодорожной 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 железнодорожной станции и прилегающего перегона вычерчиваются на листах миллиметровой бумаги, по размерам, кратным формату А4 (высотой 297 мм, длиной согласно длине контактной сети). Монтажный план железнодорожной станции вычерчивается в масштабе 1:1000 по заданной схеме (см. Приложение 3), монтажный план перегона в масштабе 1:2000 (см. Приложение 4). Монтажные планы железнодорожной 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 железнодорожной станции и прилегающего перегона.

1.2. Разработка и описание схемы питания и секционирования железнодорожной станции и прилегающих перегонов (лист 1).

1.3. Мероприятия по охране труда.

### **Глава 2. Расчетно-технологическая часть**

2.1. Определение нагрузок, действующих на провода контактной сети.

2.2. Определение максимально допустимых длин пролетов.

2.3. Технология выполнения трассировки контактной сети железнодорожной станции и прилегающего перегона.

2.4. Экономическая часть.

Заключение

Список используемых источников

### **Графическая часть**

Лист 1. Схема питания и секционирования железнодорожной станции и прилегающих перегонов.

Лист 2. Монтажный план железнодорожной 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 железнодорожного 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 железнодорожного пути с помощью поддерживающих, фиксирующих устройств, которые, в свою очередь, закреплены на опорных конструкциях.

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

На главных железнодорожных путях в зависимости от категории линии, а также на станционных железнодорожных 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 железнодорожных 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 железнодорожных путях перегонов и железнодорожных 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 железнодорожного 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 анкерровку 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 железнодорожного 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 железнодорожных путей;
- опоры с жесткой поперечиной или, как их называют, ригельные или порталные, с креплением контактных подвесок электрифицируемых железнодорожных путей на жесткой поперечине (ригеле);
- опоры с гибкой поперечиной с креплением на ней контактных подвесок перекрываемых этой поперечиной электрифицируемых железнодорожных 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 напряженного 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, то есть 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.

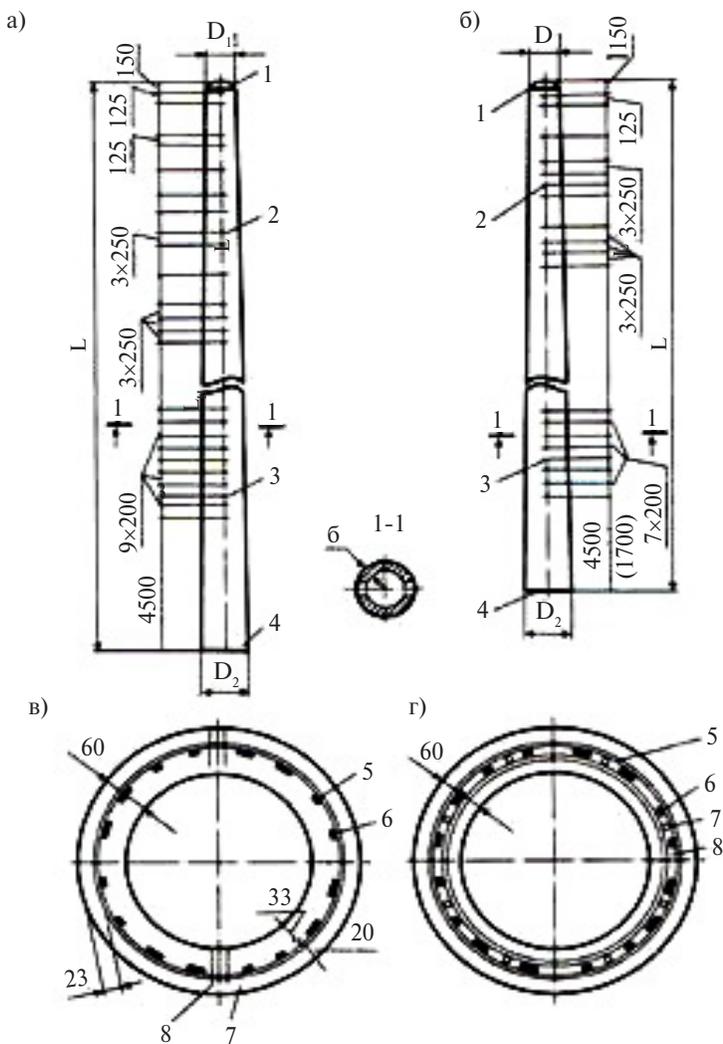


Рис. 1. Железобетонные опоры контактной сети:

а — центрифугированные стойки типов С, СС, СО длиной 15,6 м; б — то же 13,6 м, 10,8 м 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, присоединенными к тяговым рельсам с использованием искровых промежутков, а также тросом группового заземления для опор, стоящих за платформой.

Выбор опор начинают, как правило, с расчета и подбора опор для кривых участков железнодорожного пути, так как эти условия установки опор являются наиболее отягощенными, особенно в кривых малых радиусов.

Для расчета необходимо составить расчетную 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 железнодорожных 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.

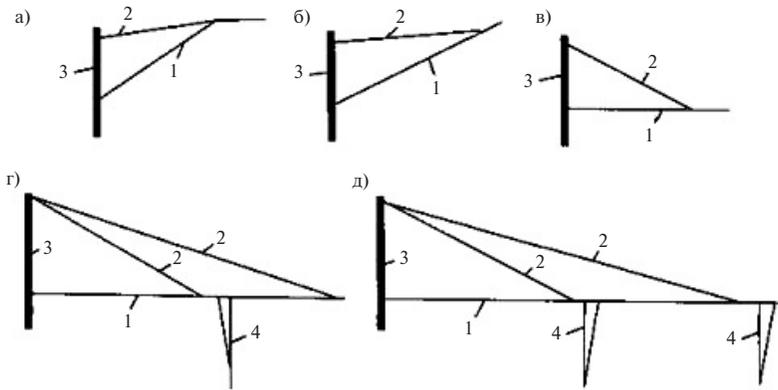


Рис. 2. Консоли контактной сети:

- 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 — исключая 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 (см. рис. 4) при нормальных и увеличенных габаритах, кронштейн которых имеет прямую форму и состоит из двух швеллеров с соединительными планками или из труб.

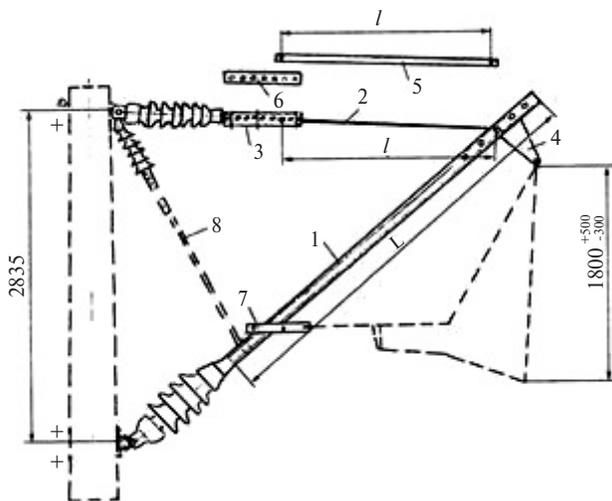


Рис. 3. Изолированная наклонная однопутная консоль:

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

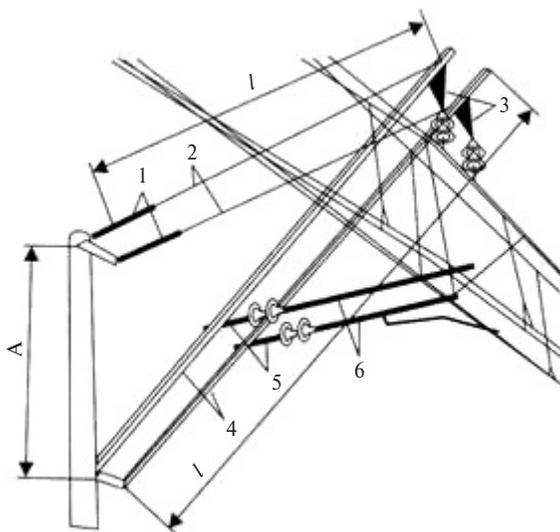


Рис. 4. Неизолированные прямые наклонные консоли:

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 железнодорожного пути несущего троса обеспечивает большую ветровую и динамическую устойчивость, чем традиционные подвески для крепления несущего троса главных железнодорожных 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 железнодорожных путей на перегонах и железнодорожных станциях устанавливаются на опорах или на жестких поперечинах на консольных стойках (рис. 5).

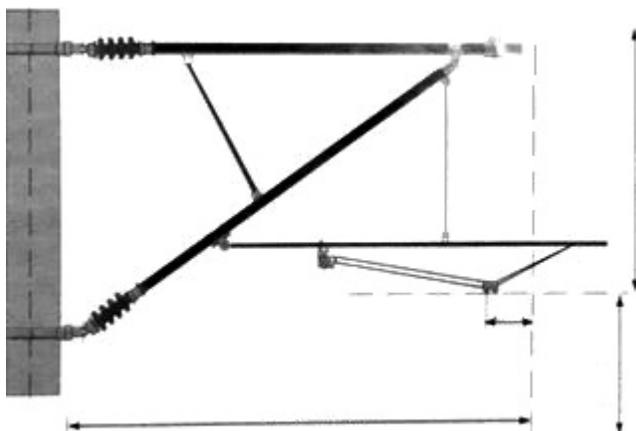


Рис. 5. Негоризонтальная изолированная консоль

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 НТР (Т — трубчатая) и НТС.

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 (железнодорожных 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 железнодорожных 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 железнодорожных 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 железнодорожного пути (оси токоприемника), называются фиксаторами.

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

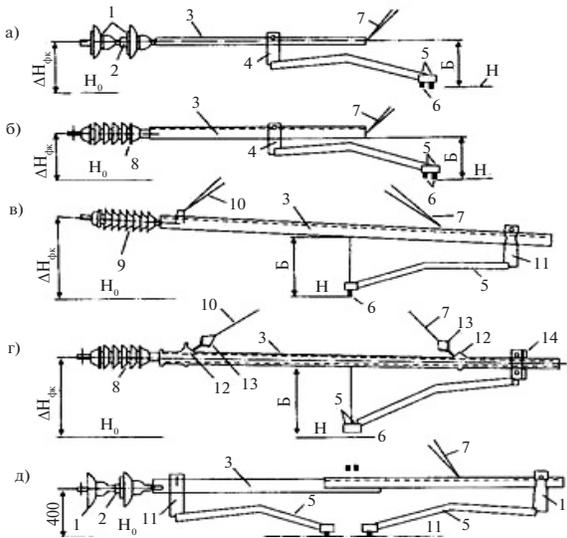


Рис. 6. Типы фиксаторов:

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.

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

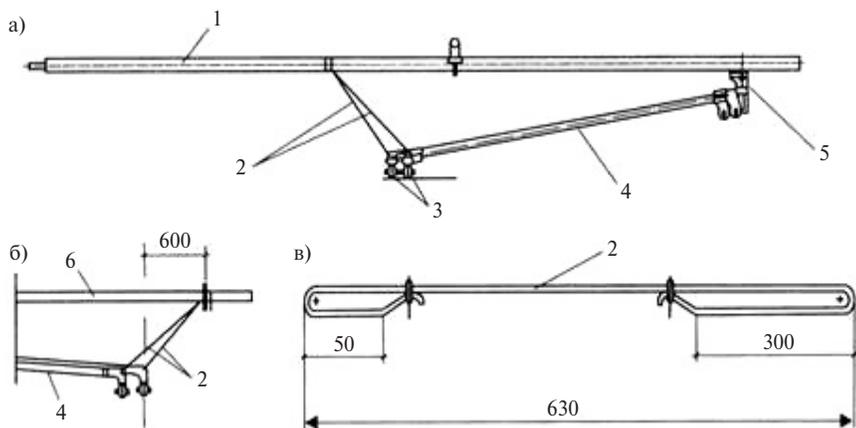


Рис. 7. Фиксатор обратный с ветровой струной:

- 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.

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).

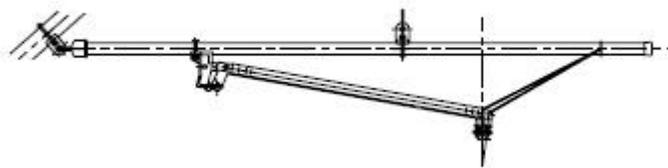


Рис. 8. Прямой фиксатор ФП с ветровой струной

При больших усилиях (более 200 Н) 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 3 кВ (для линий постоянного тока), 25 — на напряжение 25 кВ (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 1200 мм.

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 железнодорожного 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 железнодорожного пути.

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

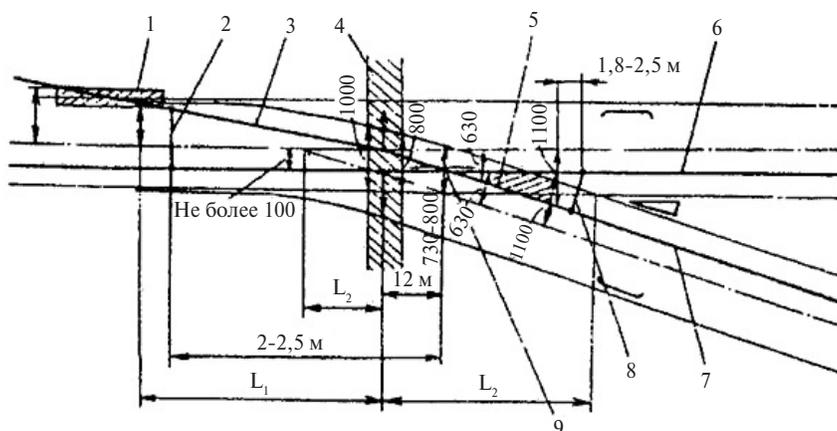


Рис. 9. Схема воздушной стрелки контактной сети:

- 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 полозом токоприемника контактных проводов; 6 — контактный провод прямого железнодорожного пути; 7 — контактный провод отклоненного железнодорожного пути; 8 — дополнительный электрический соединитель; 9 — место пересечения контактных проводов.

Для крепления контактных проводов к несущему тросу в цепных подвесках служат струны. Струны должны обеспечивать эластичность подвески, а в полукомпенсированной 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 дли-

ной 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 полукомпенсированной 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  $30^\circ$  к вертикали вдоль оси железнодорожного пути (рис. 10в).

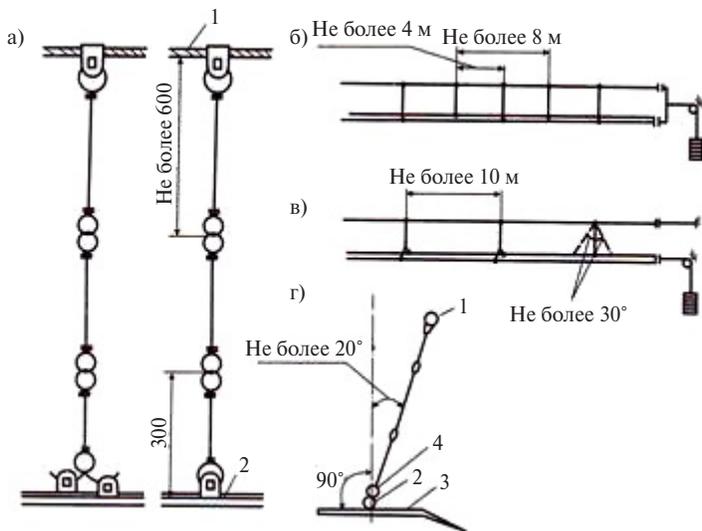


Рис. 10. Струны цепных контактных подвесок:  
 а — звеньевая струна; б и в — расположение струны  
 на компенсированной и полукомпенсированной подвеске;  
 г — допустимый наклон струны к вертикали;  
 1 — несущий трос; 2 — контактный провод; 3 — полз токоприемника;  
 4 — струновой зажим 046.

Для более равномерной эластичности и уменьшения стрел провеса контактного провода при температурных изменениях у опорных конструкций его подвешивают на рессорных струнах (тросах) марки

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 железнодорожному пути или группе железнодорожных путей (секции) на железнодорожной 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 железнодорожных путях и других ответственных местах контактной сети выполняют из двух и более параллельно расположенных проводов.

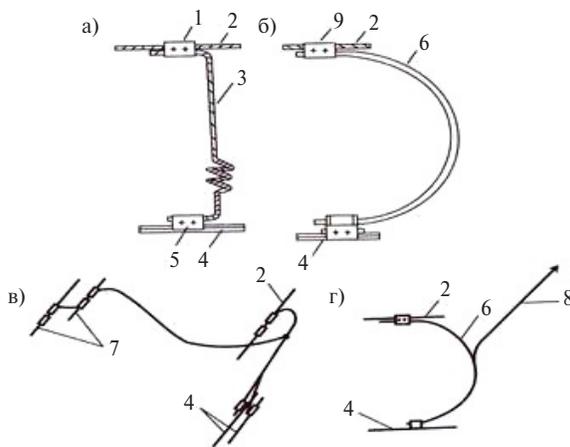


Рис. 11. Схемы установки поперечных электрических соединителей (а, б) и подключения усиливающих проводов (в) и шлейфов разъединителя (разрядника, ОПН) к контактной подвеске (г):

- 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.

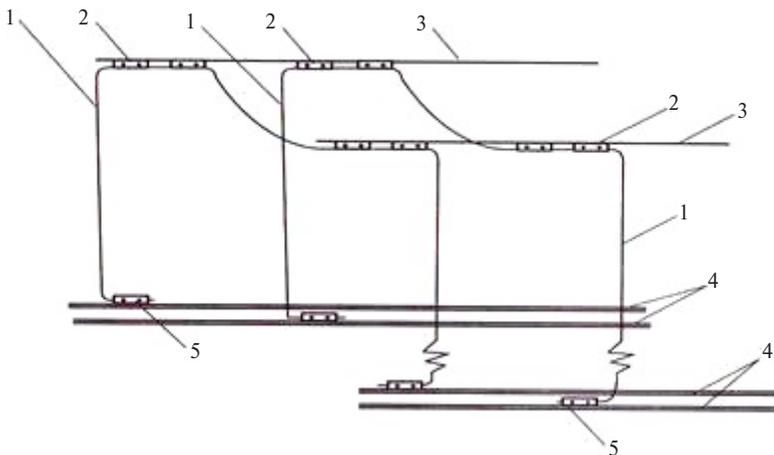


Рис. 12. Продольный электрический соединитель:  
 1 — электрический соединитель (провод МГ); 2 — соединительный зажим; 3 — несущий трос; 4 — контактный провод; 5 — питающий зажим.

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 обводах — 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 мм<sup>2</sup> 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.

## 5. 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 2×25 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 железнодорожных 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  $-30^{\circ}\text{C}$ , а поездов из порожних вагонов — не ниже  $-40^{\circ}\text{C}$  [Л5].

Соединенные поезда организуются на железнодорожных станциях или перегонах из двух, а в необходимых случаях из трех поездов, каждый из которых должен быть сформирован по длине приемо-отправочных железнодорожных путей, но не более 0,9 их длины, установленным графиком движения, а также 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 железнодорожного 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 загрузки 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 железнодорожным 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 токосьем 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 установке 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 железнодорожной станции (расстояние между светофорами), пикетаж оси пассажирского здания;
- количество главных и второстепенных железнодорожных путей, расстояние в междупутьях, наличие тупиков и железнодорожных путей, не подлежащих электрификации;
- наличие подъездных железнодорожных 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 железнодорожной 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 железнодорожной станции число секций должно быть выбрано в соответствии с работой железнодорожной 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 железнодорожной станции и прилегающих перегонов, продольное секционирование (отделение контактной сети железнодорожной станции от контактной сети перегона) и поперечное секционирование (выделение группы путей в отдельные секции).

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

Продольное секционирование предусматривает разделение в отдельные секции контактной сети перегонов от контактной сети железнодорожных станций по главному железнодорожному пути. Оно осуществляется трехпролетными изолирующими сопряжениями анкерных участков на постоянном токе, а на переменном токе — трехпролетными изолирующими сопряжениями и нейтральными вставками (на том конце железнодорожной 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 железнодорожной станции» и первыми входными стрелочными переводами железнодорожной 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 подается 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 зашунтированы 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 железнодорожными путями осуществляется секционными изоляторами, поперечными разъединителями.

При поперечном секционировании в отдельные секции выделяются контактные подвески главных железнодорожных путей перегонов и железнодорожных станций друг от друга; контактные подвески боковых железнодорожных путей от главных железнодорожных путей; контактные подвески железнодорожных путей для производства погрузочно-разгрузочных работ на подъездных железнодорожных путях и тупиках, а также железнодорожных путей для производства работ для осмотра крышевого оборудования железнодорожного под-

вижного состава; контактные сети сортировочных горок и железнодорожных путей специального назначения.

Питание на поперечные секции подается от главного железнодорожного пути через поперечные нормально включенные секционные разъединители. На секции контактной сети, где производятся погрузочно-разгрузочные работы, работы по осмотру крышевого оборудования железнодорожного подвижного состава питание подается через разъединители с ручным приводом и заземляющим ножом. Это выполняется для того, чтобы соблюдалась безопасность производства работ со стропольными кранами и подъемными механизмами и при подъеме на высоту. При отключении секции от питания секционный разъединитель одновременно заземляет ее и, кроме того, создает 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 железнодорожных путей и направлений.

При секционировании желательнее обходиться минимальным числом разъединителей, располагать их группами, а не размещать по всей территории железнодорожной 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 железнодорожных путей железнодорожных станций и перегонов; подъездные железнодорожные пути тяговых подстанций, примыкающие неэлектрифицированные железнодорожные 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 А4, обозначают «Рисунок 1. Схема питания и секционирования станции и прилегающих перегонов».

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

Описание схемы питания и секционирования следует производить в следующем порядке:

1. Обозначить род тока проектируемого участка и место, с какой стороны нулевой отметки железнодорожной 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 посеционно.

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

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

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

### ***Мероприятия по охране труда***

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, то есть 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».

Аварии 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 — важнейшая 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 железнодорожного пути и железнодорожного 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 автототрис и дрезин, изолирующих штанг, которые изолируют работающего от земли. В целях повышения безопасности выполнения работ под напря-

жением 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 железнодорожного пути с 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 железнодорожные пути, железнодорожные 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 анкерных различных секций;
- места сближения консолей или фиксаторов различных секций на расстоянии 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 железнодорожного пути, а шлейф подключен к другому железнодорожному 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».

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 железнодорожных путей перегонов и железнодорожных станций для движения поездов, выдача предупреждений на поезд 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 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.

## 6. РАСЧЕТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Определение нагрузок, действующих на провода контактной сети

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

Для установления расчетных климатических условий пользуются картами районирования территории России, для упрощенных расчетов данные к заданиям выдаются преподавателем.

Нагрузка от веса проводов является равномерно распределенной вертикальной нагрузкой, которую можно определить, пользуясь литературой [15].

Гололедная нагрузка вызывается гололедом, представляющим собой слой плотного льда стекловидного строения с плотностью  $900 \text{ кг/м}^3$ . Для расчетов принимаем, что гололед выпадает цилиндрической формы с равномерной толщиной стенки льда. Нагрузка, которую создает гололед, по воздействию является вертикальной.

На интенсивность гололедных образований большое влияние оказывают высота расположения провода над поверхностью земли. Поэтому при расчете толщины стенки гололеда на проводах, расположенных на насыпях, значение толщины стенки гололеда 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 землей. В соответствии со строительными нормами и правилами «Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования» расчетную 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 ее шероховатости, нормативного значения ветрового давления,  $P_a$ ,  $q_0$ , коэффициентом неравномерности давления ветра вдоль пролета, при механическом расчете, принимаемом  $\alpha = 1$ .

Ветровая нагрузка на провода цепной контактной подвески является горизонтальной нагрузкой.

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

- режим минимальной температуры — сжатие троса;
- режим максимального ветра — растяжение троса;
- режим гололеда с ветром — растяжение троса.

Для этих расчетных режимов и определяют нагрузки, действующие на несущий трос. В режиме минимальной температуры несущий трос испытывает нагрузку только вертикальную — от собственного веса; ветер и гололед 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, гололед отсутствует. В режиме гололеда с ветром на несущий трос действуют вертикальные нагрузки от собственного веса проводов контактной подвески, от веса гололеда на проводах подвески и горизонтальная нагрузка от давления ветра на несущий трос, покрытый гололедом при соответствующей скорости ветра.

Итак, расчет нагрузок будем производить для трех расчетных режимов, порядок расчетов приведен ниже.

### **Порядок расчетов**

#### ***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, табл. 5.1).

2. Рассчитать нагрузку от собственного веса цепной контактной подвески по формуле (1):

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

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 нагруз-

ки может быть принято равным 1,0 Н/м для каждого контактного провода;

$n_k$  — число контактных проводов.

3. Рассчитать нагрузку на несущий трос от веса гололеда по формуле (2):

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

где 0,009 Н/мм<sup>3</sup> — плотность гололеда;

$d$  — диаметр несущего троса, мм;

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

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

где  $k_b$  — поправочный коэффициент, учитывающий влияние местных условий расположения подвески на отложение гололеда (Приложение 5, табл. 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 (табл. 5.6).

Расчетную толщину стенки гололеда с учетом поправочных коэффициентов допускается округлять до ближайшей целой цифры.

4. Рассчитать нагрузку на контактный провод от веса гололеда (4).

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

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

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 (5):

$$g_{\Gamma} = g_{\Gamma m} + n_{\kappa} \cdot (g_{\Gamma \kappa} + g_{\Gamma c}), \text{ Н/м}, \quad (5)$$

где  $n_{\kappa}$  — число контактных проводов;

$g_{\Gamma c}$  — равномерно распределенная по длине пролета вертикальная нагрузка от веса гололеда на струнах и зажимах при одном контактом проводе (Н/м), которая в зависимости от толщины стенки гололеда может быть приближенно принята по Приложению 5 (табл. 5.6).

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

$$P_{TV} = \alpha_{\text{н}} C_x K_v^2 \cdot q_0 \cdot d \cdot 10^{-3}, \text{ Н/м}, \quad (6)$$

где  $\alpha_{\text{н}}$  — коэффициент, учитывающий неравномерность давления ветра вдоль пролета, при механическом расчете проводов принимаемый  $\alpha_{\text{н}} = 1$ ;

$C_x$  — аэродинамический коэффициент лобового сопротивления несущего троса ветру, принимается по Приложению 6; для всех несущих тросов;

$K_v$  — коэффициент, учитывающий влияние местных условий расположения подвески на скорость и давление ветра; принимается в соответствии с заданием по Приложению 5 (табл. 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 (табл. 5.5);

$d$  — диаметр несущего троса, мм (Приложение 5, табл. 5.1).

7. Нормативное значение горизонтальной ветровой нагрузки на контактный провод (7):

$$P_{KV} = \alpha_{\text{н}} C_x K_v \cdot q_0 \cdot H \cdot 10^{-3}, \text{ Н/м}, \quad (7)$$

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

$$P_{mr} = \alpha_{\text{н}} C_x K_v^2 \cdot q_{\Gamma 0} (d + 2 b_m) \cdot 10^{-3}, \text{ Н/м}, \quad (8)$$

где  $q_{\Gamma 0}$  — нормативное значение ветрового давления при гололеде, Па.

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

$$P_{\text{кр}} = \alpha_n C_x K_v^2 \cdot q_{Г0} (H + 2 b_{\text{к}}) \cdot 10^{-3}, \text{ Н/м}, \quad (9)$$

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

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

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

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

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

*Таблица 1*

**Расчет нагрузок, действующих на провода контактных подвесок**

Тип подвески		Для контактной подвески главного, прямого участка железнодорожного пути и кривых различного радиуса	Для контактной подвески боковых железнодорожных путей железнодорожной станции	Для контактной подвески, расположенной на насыпи	Для контактной подвески, расположенной в выемке
1	2	3	4	5	6
	$g_x$				
	$g_n$				

1	2	3	4	5	6
нагрузки, Н/м	$g_c$				
	$g$				
	$b_{T, \text{мм}}$				
	$g_{ГТ}$				
	$g_{ГК}$				
	$g_{Г}$				
	$d_{\text{ср, мм}}$				
	$p_{mv}$				
	$p_{kv}$				
	$p_{mГ}$				
	$p_{кГ}$				
	$q_{mv}$				
	$q_{Г}$				

### Расчет максимально допустимой длины пролета контактной подвески

Нормальное взаимодействие токоприемников с контактными подвесками при ветре может быть нарушено вследствие больших горизонтальных отклонений контактного провода от оси токоприемника, длительных устойчивых вертикальных колебаний проводов цепных подвесок в пролетах. При сильном ветре может произойти обрыв или, вследствие касания заземленных конструкций, перегор проводов.

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

Основными ограничениями являются: допустимое отклонение контактного провода от оси токоприемника в пролете под действием максимального ветра или ветра при гололеде на проводах.

Расчет длин пролетов выполняется для главных и боковых железнодорожных путей железнодорожной станции и перегона, для контактной подвески, расположенной на насыпи и в выемке, а также для подвески на кривом участке железнодорожного пути.

### 1. Выбор расчетного режима.

При выборе расчетного режима сравниваем горизонтальные ветровые нагрузки в двух режимах: в режиме максимального ветра и в режиме гололеда с ветром. По наибольшей нагрузке выбираем расчетный режим. Если расчетным режимом будет режим максимального ветра, это значит, что наибольшие нагрузки контактная подвеска воспринимает именно в этом режиме. Если расчетный режим — режим гололеда с ветром, то и длину пролета мы будем рассчитывать с учетом нагрузок, возникающих в режиме гололеда с ветром.

Сравниваем величины ветровых нагрузок, действующих на цепную контактную подвеску в режиме максимального ветра и в режиме гололеда с ветром и выбираем по наибольшей нагрузке расчетный режим ( $p_{kv}$ ;  $p_{кг}$ ). Для этого выбираем из таблицы 1 «Расчет нагрузок, действующих на провода контактной сети» вышеперечисленные данные.

Из таблицы 1 выписываем необходимые данные для расчетов, 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. Расчет максимально-допустимой длины пролета без учета 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 расчет максимально-допустимой длины пролета ( $L_{max}$ ) по формуле (12):

$$l_{max} = 2 \sqrt{\frac{K}{P_K} \cdot \left[ b_{к.доп.} - \gamma_K + \sqrt{(b_{к.доп.} - \gamma_K)^2 - a^2} \right]}, \quad (12)$$

где  $K$  — номинальное натяжение контактного провода;  $H$  (см. Приложение 5, табл. 5.2);

$b_{\text{к.доп}}$  — допустимое горизонтальное отклонение контактного провода от оси токоприемника, м;

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

$a$  — зигзаг контактного провода, м [7, с. 23];

$\gamma_{\text{к}}$  — прогиб опоры под действием ветра на уровне подвеса контактного провода (Приложение 5, табл. 5.8).

3. Расчет средней длины струны (13):

$$S_{\text{ср}} = h - 0,115 \frac{g \cdot l_{\text{max}}^2}{T_0}, \quad (13)$$

где  $h$  — конструктивная высота цепной подвески по заданию, м;

$T_0$  — натяжение несущего троса, соответствующее беспровесному положению контактного провода, Н;

$T_0 = 0,8 \cdot T_{\text{max}}$  — для биметаллических несущих тросов, Н;

$T_0 = 0,75 \cdot T_{\text{max}}$  — для медных несущих тросов, Н;

$T_{\text{max}}$  — максимальное допустимое значение натяжения несущего троса (см. Приложение 5, табл. 5.2).

4. Расчет эквивалентной нагрузки (14):

$$p_{\text{э}} = \frac{p_{\text{kv}} \cdot T - p_{\text{tv}} \cdot K - \frac{8 \cdot K \cdot T}{l_{\text{max}}^2} \cdot \left( \frac{h_u \cdot p_{\text{tv}}}{q_{\text{tv}}} + \gamma_{\text{т}} - \gamma_{\text{к}} \right)}{T + K + \frac{10,6 \cdot s_{\text{ср}} \cdot K \cdot T}{g_{\text{kv}} \cdot l_{\text{max}}^2}}, \text{ Н/м} \quad (14)$$

где  $h_u$  — длина подвесной гирлянды изоляторов несущего троса;

$\gamma_m$  — допустимый прогиб опоры под действием ветра на уровне подвеса несущего троса (см. Приложение 5, табл. 5.8);

$T$  — натяжение несущего троса, Н;

$T = T_{\text{ном}}$  — для компенсированных цепных контактных подвесок;

$T = T_{\text{max}}$  — для полукомпенсированных цепных контактных подвесок.

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 трех подвесных изоляторах в гирлянде; 0,9 м — при четырех подвесных изоляторах в гирлянде.

5. Расчет максимально-допустимой длины пролета с учетом эквивалентной нагрузки (15):

$$l_{\max}^I = 2 \cdot \sqrt{\frac{K}{p_{\text{кв}} \pm p_{\text{э}}}} \cdot \left[ b_{\text{к.доп.}} - \gamma_{\text{к}} + \sqrt{(b_{\text{к.доп.}} - \gamma_{\text{к}})^2 - a^2} \right]; \quad (15)$$

$$l_{\max}^I < l_{\max}.$$

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

6. Расчеты длин пролетов для боковых железнодорожных путей железнодорожных станций, насыпи и выемки производятся аналогично (по формулам 12–15). Результаты расчетов сведены в таблицу 2 «Результаты расчетов длин пролетов».

Для кривых участков железнодорожного пути расчет длины пролета производится в той же последовательности, изменится сама формула для расчета длины пролета (16):

$$l_{\max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K}{p_{\text{кв}} \pm p_{\text{э}} + \frac{K}{R}}} \cdot [b_{\text{к.доп.}} - \gamma_{\text{к}} + a], \quad (16)$$

где  $R$  — радиус кривой, м.

Таблица 2

### Результаты расчетов длин пролетов

	$l_{\max}$	$S_{\text{ср}}$	$P_{\text{э}}$	$l^1_{\max}$	Принятая длина пролета
	м	м	Н/м	м	м
Главные железнодорожные пути					
Второстепенные железнодорожные пути					
Насыпь					
Кривая $R = \dots$ м					

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

Таблица 3

### Максимальная длина пролета

Место расположения подвески	Максимальная длина пролета
1	2
На прямых участках железнодорожного пути:	70
Места сплошной застройки, лесные массивы, выемки глубиной более 7 м при скорости движения, км/ч:	
до 160	
от 161 до 200	65
Места, не защищенные от ветра:	60
равнины, выемки до 7 м, насыпи, высотой 5 м в открытой местности и до 10 м в лесных массивах;	
насыпи высотой от 5 до 10 м в открытой местности и от 10 до 25 м в лесных массивах, поймы рек, овраги;	50

Окончание табл. 3

1	2
насыпи, эстакады и мосты высотой более 25 м в лесных массивах	40
На кривых участках железнодорожного пути:	
Места, не защищенные 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

## **7. ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРАССИРОВКИ КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИИ И ПРИЛЕГАЮЩЕГО ПЕРЕГОНА**

### **Трассировка контактной сети на железнодорожной станции**

Составление планов (трассировка) контактной сети является важным этапом в проектировании контактной сети. Планы контактной сети составляют отдельно для железнодорожных станций и перегонов. Условия расстановки опор на железнодорожных станциях сложнее, чем на перегоне, именно поэтому трассировку контактной сети производят сначала на железнодорожной станции, а затем на перегонах, увязывая ее с соответствующими железнодорожными 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 железнодорожных 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 железнодорожных путей в масштабе 1:1 000 и хорошо представлять устройство воздушных стрелок и фиксацию контактных проводов. Высота листа должна быть равна 297 мм. Необходимая длина листа определяется в соответствии с заданной схемой железнодорожной 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 еще 200 масштабных единиц на возможное расположение крайних анкерных опор за входным светофором в сторону перегона — на 100 м с каждой стороны.

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

Одним из основных вопросов, решаемых при трассировке контактной сети, является расстановка опор. Опоры контактной сети на планах железнодорожных 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 железнодорожной станции необходимо обеспечить нормальное расположение контактного провода относительно оси железнодорожного пути, надежную фиксацию места изгиба проводов на кривых участках железнодорожного пути, воздушных стрелках и при отводе провода на анкеровку.

Следует учесть также перспективное развитие железнодорожной станции и расположить опоры так, чтобы укладка новых железнодорожных 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 железнодорожной станции приведены в Приложении 4. На заданных железнодорожных станциях указаны центры стрелочных переводов (расстояние от пассажирского здания), и, поскольку линии на чертеже представляют собой оси железнодорожных путей, пикет остряка стрелки (точка пересечения прямой и наклонной линий), указанный в задании, будет находиться на расстоянии около 10 м от остряка стрелки в сторону крестовины.

При составлении плана контактной сети цепную подвеску изображают прямой линией, располагаемой по оси железнодорожного пути (то есть рабочие участки контактной сети полностью совпадают с планом железнодорожной 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 железнодорожного пути, наносят ось железнодорожной

станции и от нее в обе стороны, через каждые 10 см, проводят тонкие вертикальные линии, обозначающие условные станционные пикеты.

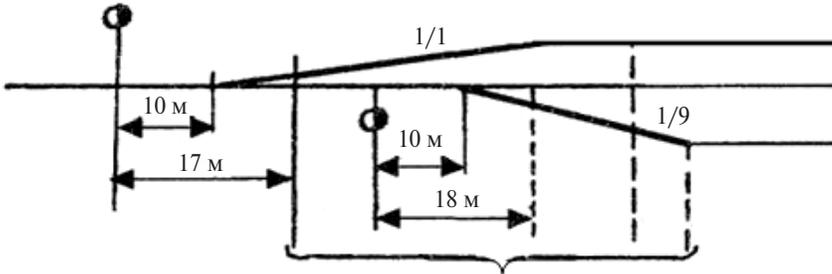


Рис. 13. Наметка мест центров стрелочных переводов

Затем на линии главного железнодорожного пути отмечают точку пикета входного стрелочного перевода (по заданной схеме железнодорожной 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 также проводят стрелочную улицу с другого конца парка. Потом параллельно главному железнодорожному пути на расстоянии заданных междупутий проводят линии остальных железнодорожных 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 железнодорожные пути железнодорожной станции. Следует только помнить, что стрелки и стрелочные улицы, не примыкающие к главному железнодорожному пути, имеют марки крестовин  $1/9$ , а на съездах, соединяющих главный и станционный железнодорожные пути, обе стрелки делаются  $1/11$ .

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

Трассировку контактной сети на железнодорожной станции надо начинать с размещения опор в обеих горловинах железнодорожной 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	1/22	1/18	1/11	1/9
Оптимальное расстояние см, от ЦП до фиксирующего устройства	12,5	10,8	7,5	6,0

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

Размещение опор в горловинах железнодорожной 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 железнодорожной станции надо учитывать возможность анкерровок всех проводов с железнодорожных 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 устанавливаются 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 железнодорожной станции уже намечены, целесообразно приступить к размещению опор в местах сопряжения анкерных участков железнодорожной станции и перегонов. Сопряжение анкерных участков железнодорожной станции и перегона должно осуществляться с одновременным секционированием сети (воздушным промежутком) и конструктивно выполняться в трех пролетах.

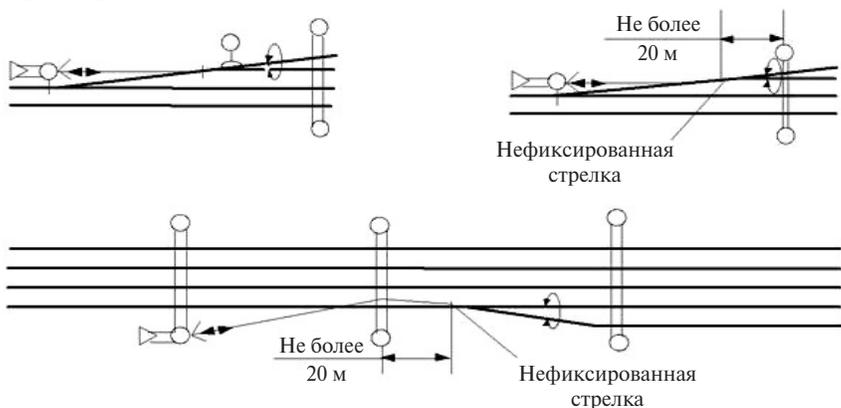


Рис. 14. Фиксированные и нефиксированные воздушные стрелки

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

При этом анкерная опора изолирующего сопряжения (со стороны перегона) должна располагаться не далее 300 м от последней стрелки железнодорожной 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 железнодорожной 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 железнодорожной 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.

Ее 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.

При моторовагонной тяге эта длина составляет около 200 м (или не менее 140 м между переходными опорами). Если на участке имеется только электровозная тяга, длину нейтральной вставки между переходными опорами принимают 80–120 м (или на длину сплотки из пяти электровозов) (рис.16).

ЭПС нейтральную вставку проходит по инерции с отключением тока, о чем предупреждают сигнальные знаки: «*Отключить ток*» — за 50 м (не более одного пролета) до начала нейтральной вставки, «*Включить ток*» — для электровозов через 50 м и для электропоездов — через 200 м после конца нейтральной вставки.

После размещения опор на обоих концах станции производят размещение их в средней части железнодорожной станции. При этом разбивку опор следует производить по возможности равными пролетами, стремясь к установке минимального числа опор, нигде не превышая при этом максимально допускаемой величины пролета.

На пассажирских платформах следует устанавливать минимальное число опор. При наличии одного или двух параллельно расположенных железнодорожных путей применяют опоры с однопутными консолями. Установку опор с двухпутными консолями применять не следует. При параллельном расположении от трех до семи железнодорожных путей рекомендуется применять опоры с жесткой поперечиной (ригелем).

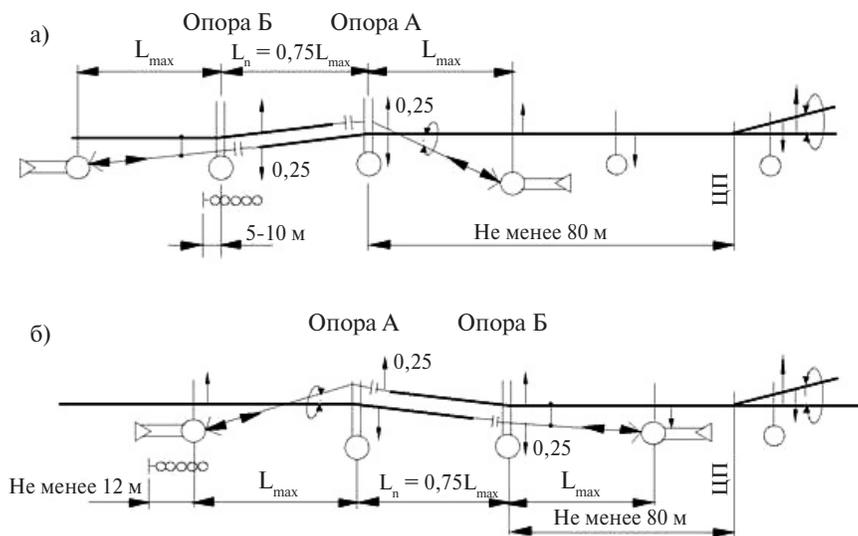


Рис. 15. Размещение изолирующих сопряжений

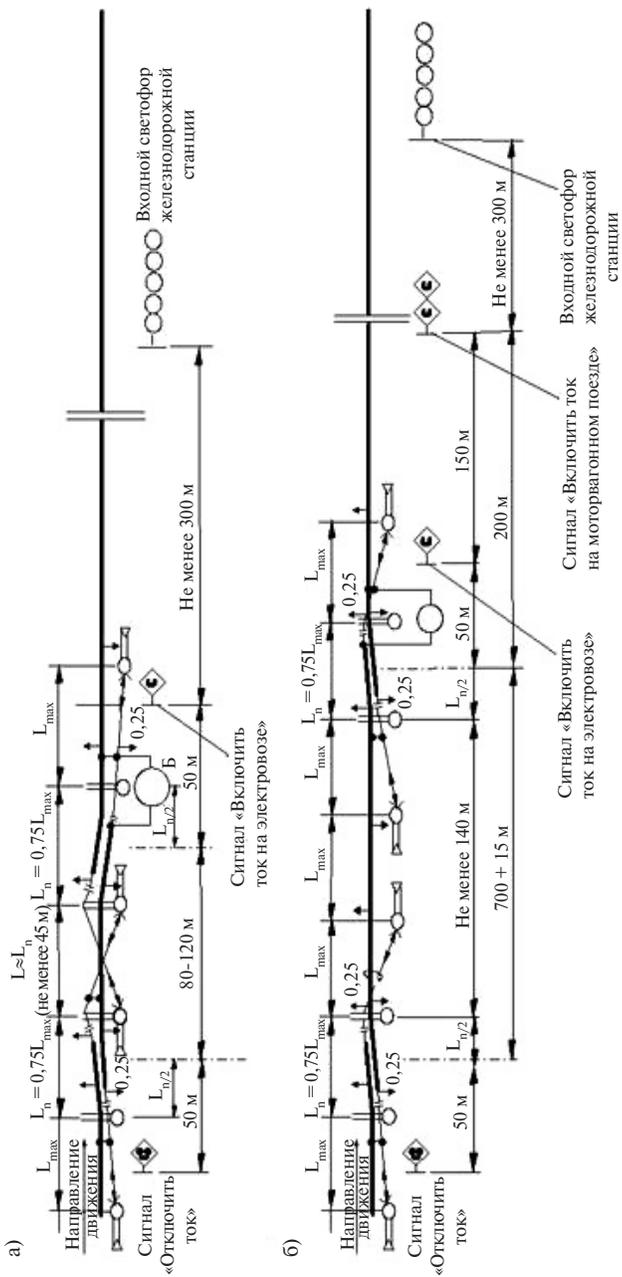


Рис. 16. Схемы сопряжений анкерных участков с нейтральной вставкой при локомотивной (а) и моторвагонной (б) тягах

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 железнодорожной станции необходимо наметить место неизоллирующего сопряжения. Неизолирующее сопряжение выполняется с разанкерровкой контактного провода, ветви, отходящие на анкеровку, не должны изменять угол более чем на  $20^\circ$  (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 железнодорожных путей и не менее 5,4 м между другими станционными железнодорожными 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 железнодорожной станции.

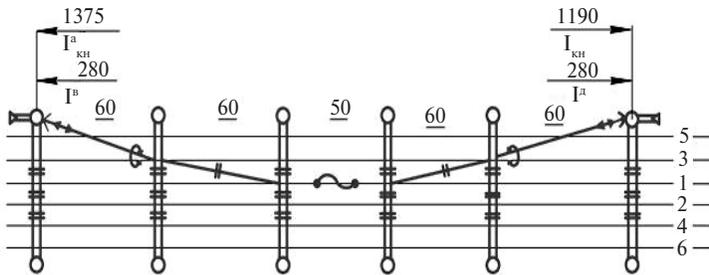


Рис. 17. Неизолирующее (без секционирования) сопряжение анкерных участков контактных подвесок главных железнодорожных путей в середине железнодорожной станции

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 железнодорожной станции, где участок много-

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

Когда расстановка опор на железнодорожной станции закончена, выполняют окончательную наметку мест анкеровки контактных подвесок всех железнодорожных путей железнодорожной 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 — 1400 м (КС-160, КС-200) и только в исключительных случаях допускается 1800 м), у каждой ан-

анкерной опоры указывают номер и длину анкерного участка (например,  $\frac{1375}{5\text{КН}}$ ) и составляют спецификацию анкерных участков по

форме, указанной в таблице 4.

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

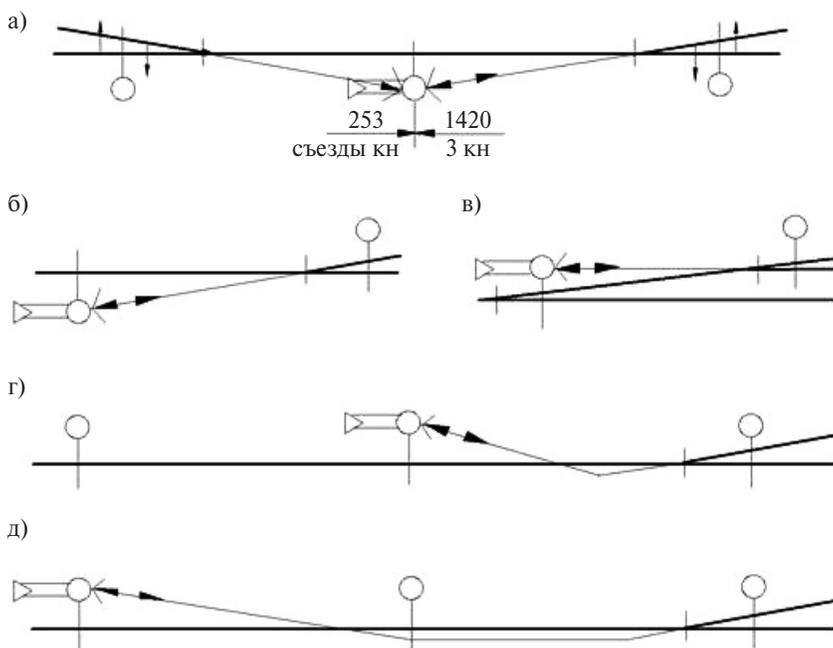


Рис. 18. Схемы анкеровки контактных подвесок: а) двух анкерных участков на одной опоре к.с.; б, в, г, д) анкеровка после воздушной стрелки

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 железнодоро-

рожных 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 железнодорожного 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 железнодорожных путей.

Таблица 4

**Ведомость анкерных участков цепной контактной подвески**

Наименование	Длина по анкерным участкам									
	Ікн	ІІкн	Ікн	2кн	3кн	4кн	5кн	6кн	Съезды	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Несущий трос главных железнодорожных путей										
Несущий трос боковых железнодорожных путей										
Контактный провод главных железнодорожных путей										

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Кон- тактный провод боковых железно- дорожных 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 железнодорожной 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 железнодорожной станции у тех опор, на которых они будут устанавливаться. Продольные секционные разъединители устанавливают на ближайших к оси железнодорожной 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 соответствии 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 железнодорожных 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 железнодорожных 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 железнодорожной станции перегонов и одной для питания контактной сети станционных железнодорожных путей).



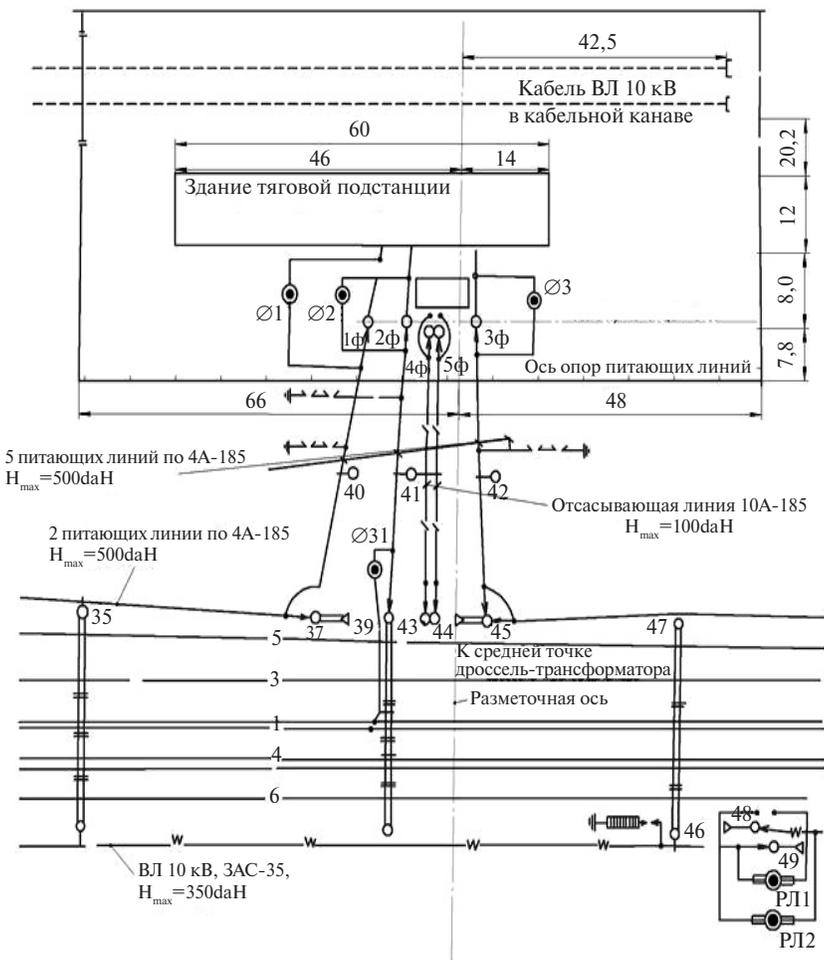


Рис. 20. Схема трассировки питающих и отсасыающей линий от тяговой подстанции постоянного тока

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

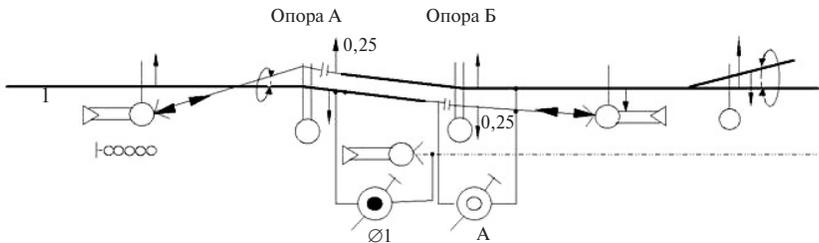


Рис. 21. Подключение питающей линии к контактной сети перегона

Присоединение перегонных питающих линий к контактной сети при расположении тяговой подстанции в пределах железнодорожной станции осуществляется в местах изолирующих сопряжений анкерных участков на ближайших к железнодорожной 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 железнодорожной 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	

## Трассировка контактной сети на перегоне

План перегона вычерчивают на листе № 2, в масштабе 1:2000. Данные для составления плана перегона приведены в Приложении 4 (табл. 4.1 и 4.2). Заданный перегон примыкает к железнодорожной станции справа и начинается от входного светофора «О». Таким образом, перегон является продолжением железнодорожной станции; местоположения опор на железнодорожной 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 железнодорожного 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 железнодорожной станции, к которому прилегает перегон. Привязку опор производят по входному сигналу «О», который обозначен и на плане железнодорожной станции и на плане перегона. При этом надо иметь в виду, что на плане железнодорожной станции пикет сигнала «О» показан условный (от оси пассажирского здания), а на перегоне — действительный.

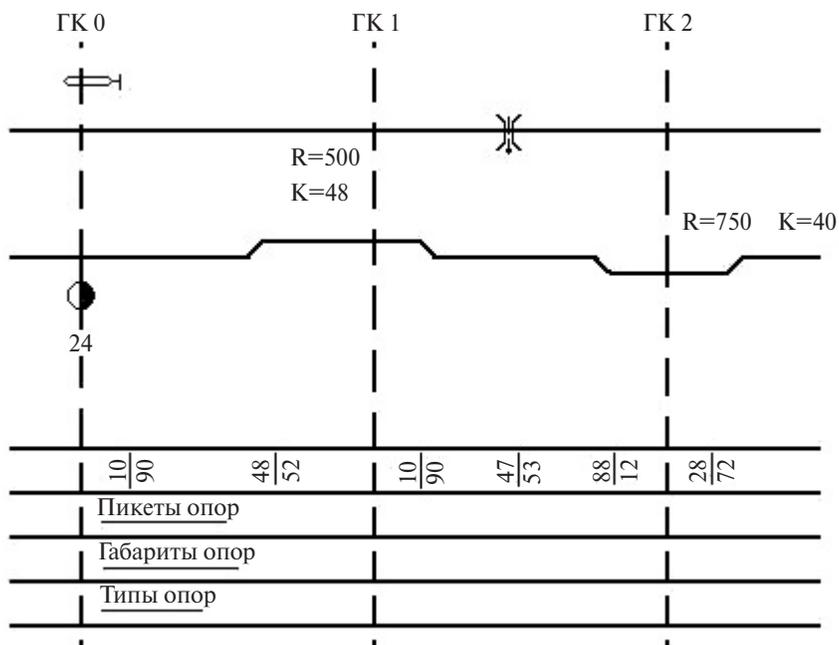


Рис. 22. Пикетаж рельефа местности и искусственных сооружений

Далее пролетами, по возможности равными максимально допустимой длине пролета для соответствующего участка железнодорожного 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 железнодорожного пути, следует принимать равными максимально допустимым длинам пролетов для кривых участков.

Все опоры располагаются с одной стороны железнодорожного пути, противоположной той, с которой предполагается укладка второго железнодорожного 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 намет-

кой расположения анкерных участков), должны быть на 10 % меньше, чем величина максимального 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 ее параметров и высоты контактных проводов. Несущий трос контактной подвески следует подвесить на мосту в трех-четыре точки так, чтобы длина пролета 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 железнодорожной станции также должен быть воздушный промежуток, поэтому между входным сигналом и первой стрелкой следующей железнодорожной 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 железнодорожного 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 железнодорожного пути. Устройство сопряжения анкерных участков на внутренней стороне кривых нежелательно, а на кривых, радиусом менее 1200 м, вообще недопустимо.

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

Для компенсированных контактных подвесок длины анкерных участков, расположенных целиком на прямых участках железнодорожного пути, должны быть не более 1600 м, для скоростного движения — не более 1400 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 железнодорожной 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 железнодорожного пути зигзаг направлен в стороны выгиба кривой.

Устанавливают и записывают в соответствующие графы таблицы пикеты всех опор двумя цифрами (то есть указанием расстояний от двух соседних пикетов) и габариты опор. Установку опор на прямых участках железнодорожного пути следует проектировать на расстоянии 3,1 м от оси железнодорожного пути до переднего края опоры. Габариты для опор, установленных в кривых участках железнодорожного 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 и опор и сборных конструкций (табл. 4, 5).

## 8. 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 расчетов 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 железнодорожных 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
1	2	3	4
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 де- талей опор			

Продолжение табл. 7

1	2	3	4
Фундамент клиновидный ФКА-98 -4.5			
Несущий трос (тип)			
Контактный провод (тип)			
Провод средней анкеровки			
ПБСМ-70			
Компенсатор блочно-поли- спастный КБП-3-30 для ан- керовки контактной подвески			
Успокоитель грузов тросо- вый			
Кронштейн успокоителя гру- зов			
Груз компенсаторный чу- гунный			
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			

1	2	3	4
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 учетом 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, с. 217].

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

## **9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В заключении по курсовому проекту необходимо дать анализ выполненной работы: сделать выводы по расчетам нагрузок и максимально допустимых длин пролетов. Отразить рациональность и мобильность схемы питания и секционирования и трассировки контактной сети железнодорожной 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 образовательной организации)

Рассмотрено предметной  
Цикловой комиссией  
Протокол № \_\_

Утверждаю  
Зам. директора по УР

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

« \_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ЗАДАНИЕ**  
на курсовой проект

обучающемуся группы \_\_  
специальности 13.02.07 Электроснабжение (по отраслям)

**ТЕМА ПРОЕКТА**  
«Контактная сеть переменного (постоянного) тока»

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

№ п/п	Расчетные величины	Обозначение	Ед.измер.	Исх.данные
1	2	3	4	5
I. Характеристика участка <i>однопутный</i>				
II. Характеристика цепной контактной подвески				
1	Система подвески: а) главный железнодорожный путь	<i>Рессорная компенсированная</i>		
	б) боковой железнодорожный путь	<i>полукомпенсированная</i>		
2	Конструктивная высота подвески			
3	Номинальное напряжение	<i>U</i>	<b>В</b>	
4	Тип подвески:			
	а) главный железнодорожный путь			

1	2	3	4	5
	б) боковой железнодорожный путь	ПБСМ-70+МФ-85		
5	Тип консоли			
III. Метеорологические условия				
6	Ветровой район:			
	Нормативная скорость максимального ветра	$v_{\max}$	м/с	
	Скорость ветра при гололеде	$v_r$	м/с	
7	Гололедный район			
	Толщина корки гололеда	$b_n$	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 железнодорожной станции и прилегающего перегона.

1.2. Разработка и описание схемы питания и секционирования железнодорожной станции и прилегающих перегонов (лист 1).

1.3. Мероприятия по охране труда.

### Глава 2. Расчетно-технологическая часть

2.1. Определение нагрузок, действующих на провода контактной сети.

2.2. Определение максимально допустимых длин пролетов.

2.3. Технология трассировки контактной сети железнодорожной станции и прилегающего перегона.

## 2.7. Технологический вопрос

Заключение

Список рекомендуемых источников

### **Графическая часть**

Лист 1. Схема питания и секционирования железнодорожной станции и прилегающих перегонов.

Лист 2. Монтажный план железнодорожной 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: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Дата сдачи курсового проекта: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель курсового проектирования \_\_\_\_\_

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

*Таблица 2.1*

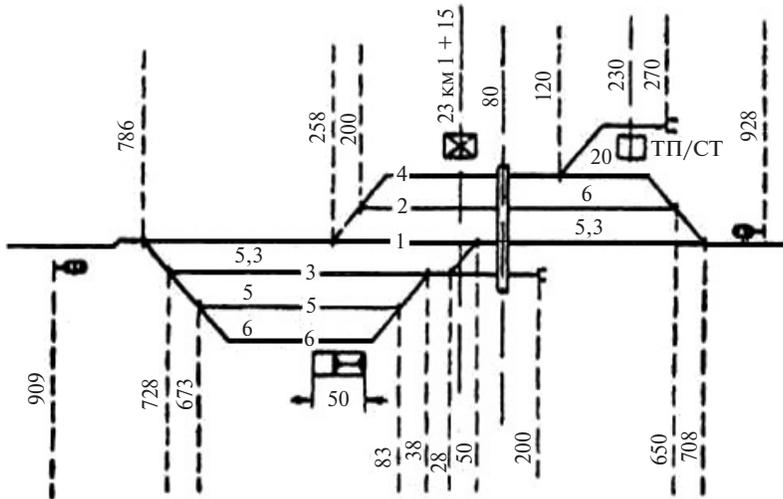
**Типы контактных подвесок**

Номер варианта	Несущий трос	Контактный провод	Система тока	Тип подвески
боковой железнодорожный путь				
-	ПБСМ-70	МФ-85	постоянный переменный	КС 70
главный железнодорожный путь				
1	М-120	БрФ-100	постоянный	КС 140
2	М-95	МФ-150	постоянный	КС 160
3	М-95	2МФ-100	постоянный	КС 120
4	М-120	2МФ-100	постоянный	КС 140
5	М-95	2МФ-120	постоянный	КС 160
6	ПБСМ-95	НлФ-100	переменный	КС 120
7	М-95	БрФ-100	переменный	КС 160
8	МСН-70	БрФ-100	переменный	КС 140
9	М-95	МФ-100	переменный	КС 160
10	ПБСМ-95	МФ-100	переменный	КС 140
11	МСН-95	2МФ-100	постоянный	КС 120
12	ПБСМ-95	МФ-100	переменный	КС 160
13	М-95	2МФ-100	постоянный	КС 140
14	ПБСМ-95	МФ-120	переменный	КС 160
15	МСН-95	МФ-100	переменный	КС 140

*Таблица 2.2***Типы ветровых и гололедных районов**

Номер варианта	Ветровой район	Гололедный 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

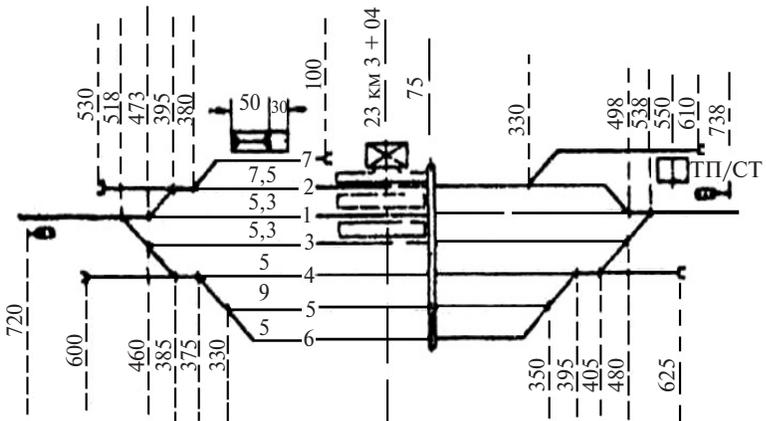
СХЕМЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ



Высота пешеходного мостика — 8,3 м

Ширина — " — — 4,0 м

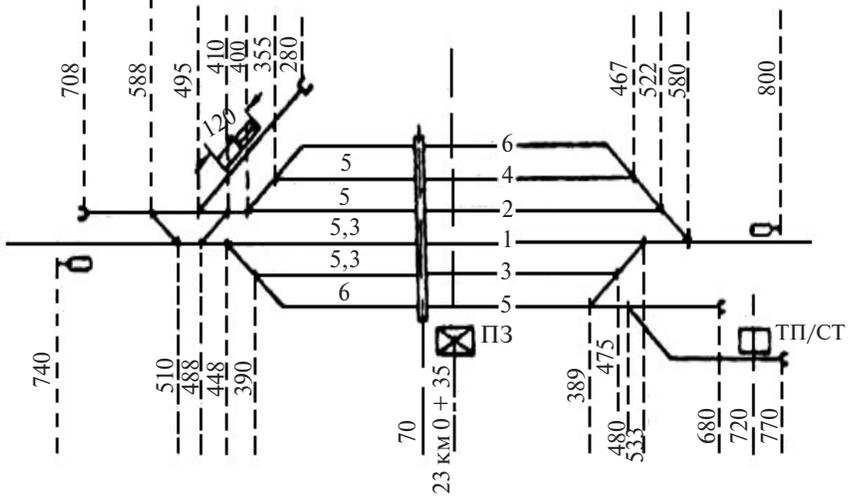
Железнодорожная станция 1



Высота пешеходного мостика — 8,3 м

Ширина — " — — 4,0 м

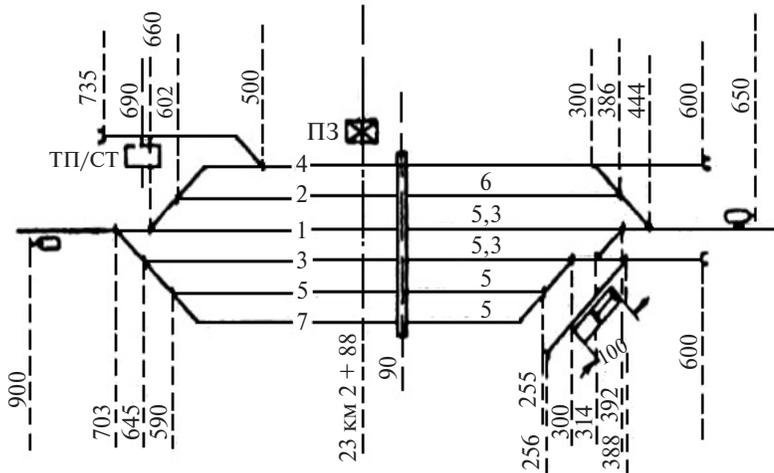
Железнодорожная станция 2



Высота пешеходного мостика — 8,3 м

Ширина — " — — 4,5 м

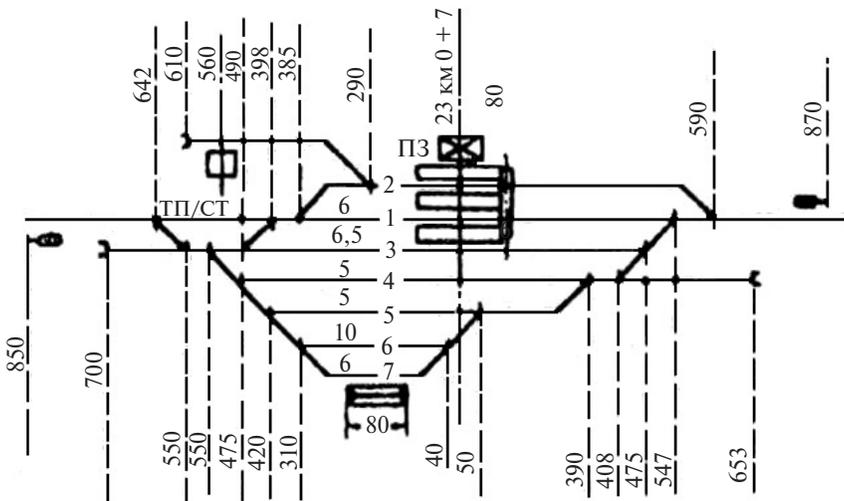
Железнодорожная станция 3



Высота пешеходного мостика — 7,5 м

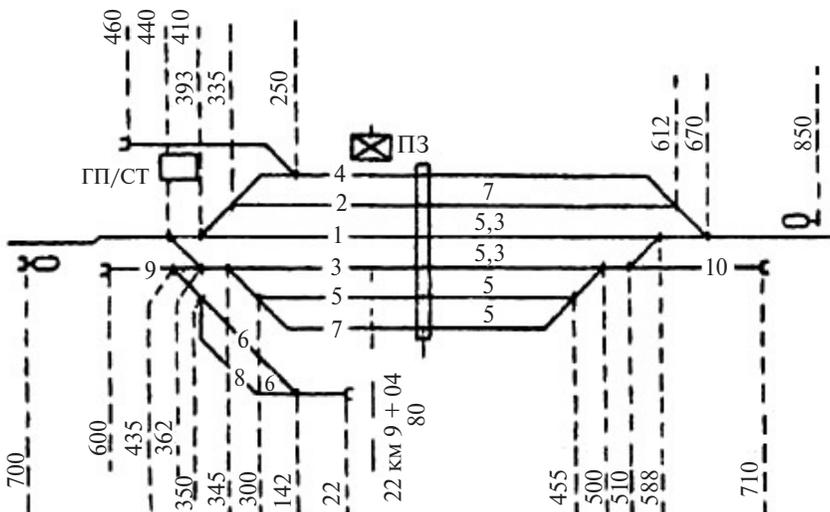
Ширина — " — — 5,0 м

Железнодорожная станция 4



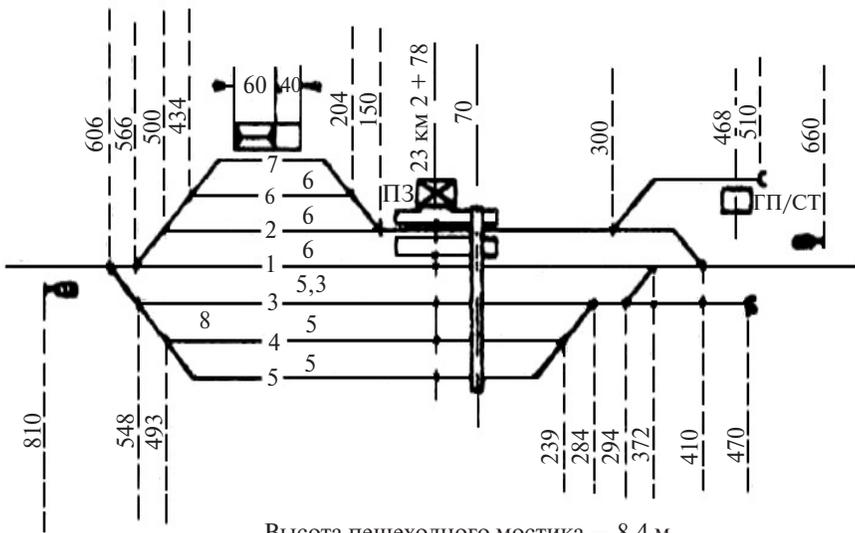
Высота пешеходного моста — 6,8 м  
 Ширина — " — — 4,0 м

Железнодорожная станция 5



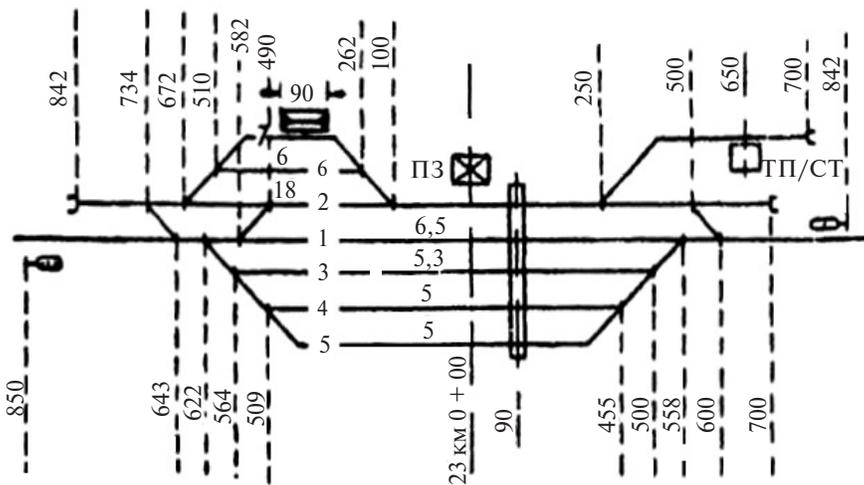
Высота пешеходного моста — 8,0 м  
 Ширина — " — — 3,0 м

Железнодорожная станция 6



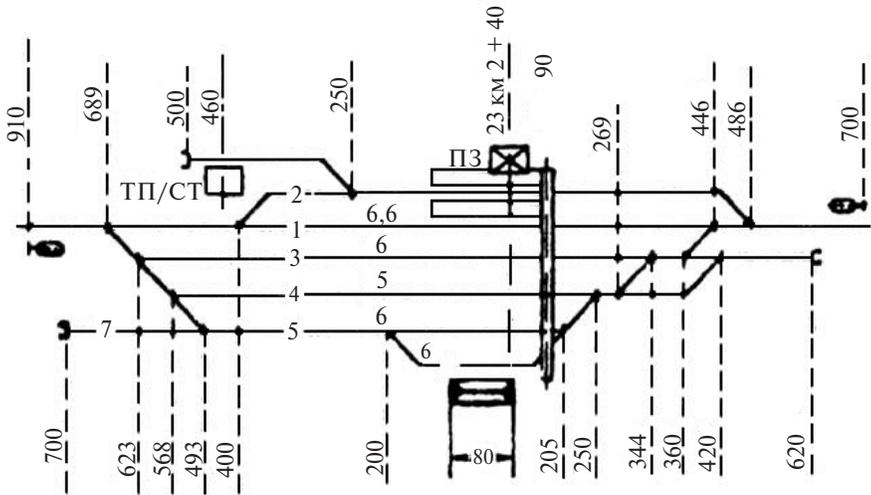
Высота пешеходного мостика — 8,4 м  
 Ширина — " — — 5,0 м

Железнодорожная станция 7



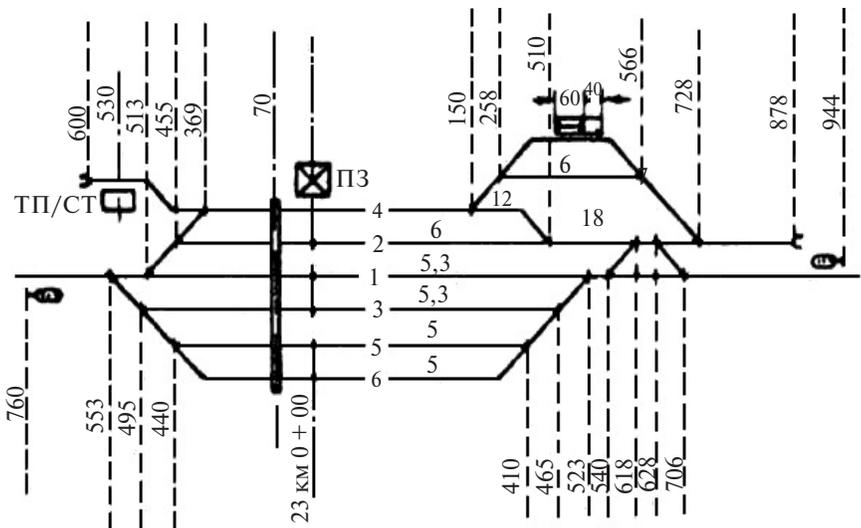
Высота пешеходного мостика — 7,9 м  
 Ширина — " — — 3,0 м

Железнодорожная станция 8



Высота пешеходного мостика — 7,5 м  
 Ширина — " — — 4,0 м

Железнодорожная станция 9



Высота пешеходного мостика — 7,3 м  
 Ширина — " — — 3,0 м

Железнодорожная станция 10

ДААННЫЕ 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	11
1	24 км 0+43	24 км 0+42	23 км 8+35	23 км 9+38	23 км 8+77	23 км 7+54	23 км 9+38	23 км 8+42	23 км 9+40	23 км 9+44	
Входной сигнал заданной железнодорожной станции «О»	24 км 9+48	24 км 8+60	24 км 2+17	24 км 1+72	24 км 6+92	24 км 0+27	24 км 9+75	24 км 7+98	24 км 8+20	24 км 8+40	
Начало кривой R1, центр слева по ходу километров	25 км 3+27	25 км 4+82	5+38	4+27	9+27	4+29	25 км 4+28	9+40	25 км 2+16	25 км 1+20	
Конец кривой	4+50	5+16	5+94	4+96	25 км 3+82	5+06	8+15	25 км 2+20	6+14	4+10	
Ось каменной трубы с отверстием 1,1 м	4+88	5+29	7+37	5+95	5+16	5+38	9+38	4+06	8+77	6+60	
Начало кривой R2, центр справа	26 км 0+17	26 км 2+62	25 км 4+64	25 км 4+37	26 км 0+60	25 км 1+94	26 км 3+11	26 км 0+10	25 км 4+28	26 км 2+08	
Конец кривой											

Продолжение приложения 4  
Окончание табл. 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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 отверстием 3,5 м	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 м	27 км 0+95	267км 2+15	4+30	26 км 4+76	26 км 3+12	26 км 2+28	27 км 1+35	26 км 4+76	26 км 4+27	26 км 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 железнодорожной станции	5+27	8+95	27 км 0+18	27 км 0+27	27 км 0+97	9+98	9+15	27 км 0+27	27 км 0+02	27 км 1+10
Ось переезда шириной 6 м	6+12	28 км 0+05	1+28	1+30	1+90	27 км 0+96	28 км 0+28	1+30	2+12	3+02
Первая стрелка следующей железнодорожной 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.

## 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 РАСЧЕТА

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	$24 \alpha \cdot 10^{-6}$ , $1/^\circ\text{C}$	$\alpha ES$ , $\text{H}/^\circ\text{C}$	Разрушающая нагрузка при растяжении проводов R, кН
1	2	3	4	5	6	7	8
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

**Натяжение проводов контактной сети**

Наименование провода	Марка провода	Номинальное натяжение провода, даН	Максимальное натяжение провода, даН
1	2	3	4
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 коэффициента $C_x$
1	2
Одиночные провода и тросы диаметром менее 20 мм	1,2
Одиночные контактные провода несущие тросы контактной подвески с учетом зажимов и струн	1,25
Одиночные овалы контактные провода	1,15
Одиночные контактные провода сечением 150 мм <sup>2</sup>	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 шероховатости $Z_0$	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
1	2	3	4	5	6	7
Открытая ровная поверхность без растительности (озера, водоемы, 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

1	2	3	4	5	6	7
Открытая холмистая местность или равнинная поверхность с редким лесом высотой 6-7 м, садами, парками	0,65	0,77	0,94	1,03	1,1	1,15
Участки, защищенные 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 10 м	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)	$I_a$	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
1	2	3	4	5	6
Нормативная толщина стенки гололеда $b_n$ , мм	5	10	15	20	25

Продолжение приложения 5

Окончание табл. 5.6

1	2	3	4	5	6
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, станционные постройки с высотой более высоты расположения проводов
	5	10	15	20	25	30 и более	5	7 и более		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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  $k_b = 1,0$ .

**Прогиб опоры под действием ветра**

Уровень подвеса провода	Величина прогиба опоры при скорости ветра, м/с			
	до 25	30	35	40
1	2	3	4	5
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
1	2	3	4	5	6	7	8
Постоянный, неизолрированные	Прямая	Зигзаг к опоре	ФП-I			ФП-III	ФП-IV
		Зигзаг от опоры	ФО-II	ФО-III		ФО-V	ФО-VI
	Внешняя сторона кривой	$R > 1501$ м	ФП-II			ФП-V	
		$R_{\text{таб}} < R < 1500$ м	УФП-II			УФП-V	
		$R_{\text{таб}} > R > 601$ м	ФГ				
		$R < 600$ м	ФГ2				
	Внутренняя сторона кривой	$R > 1501$ м	ФО-I	ФО-II	ФО-IV	ФО-V	
		$1500 \text{ м} > R > 600$ м	УФО-I		УФО-II	УФО-III	
		$R < 600$ м	УФО-2-I		УФО-2-II	УФО-2-III	
	Переменный, неизолрированные	Прямая	Зигзаг к опоре	ФП-I			ФП-IV
Зигзаг от опоры			ФО-II			ФО-V	ФО-VI
Внешняя сторона кривой		$R > R_{\text{таб}}$	ФП-II			ФП-V	

1	2	3	4	5	6	7	8
		$R_{\text{таб}} > R > 601 \text{ м}$	ФГ				
		$R < 600 \text{ м}$	ФГ2				
	Внутренняя сторона кривой	$R > 601 \text{ м}$	ФО-I	ФО-II	ФО-IV	ФО-VI	
		$R < 600 \text{ м}$	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	$R > R_{\text{таб}}$	ФПИ-III		ФПИ-V	ФПИ-VI	
		$R_{\text{таб}} > R > 601 \text{ м}$	ФГИ				
	Внутренняя сторона криво	$R > 601 \text{ м}$	ФОИ-II		ФОИ-III	ФОИ-V	ФОИ-VI
		$R < 600 \text{ м}$	ФОИ2-II	ФОИ2-III		ФОИ2-V	ФОИ2-VI
	Прямая, сопряжение	Опора А	рабочая	ФПИ-I	ФПИ-II	ФПИ-V	ФПИ-VI
			анкеруемая	ФАИ-III	ФАИ-IV	ФАИ-VI	ФАИ-VII
Опора Б		рабочая	ФОИ-III	ФОИ-IV	ФОИ-VI	ФОИ-VII	
		анкеруемая	ФАИ-III		ФАИ-V	ФАИ-VII	

Таблица 6.2

Табличные значения радиусов кривых участков железнодорожного пути,  $R_{\text{таб}}$

Расчетные скорости ветра, м/с	Наибольшие радиусы кривых, м, при длине пролета, м			
	40	50	60	70
1	2	3	4	5
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
1	2	3	4	5
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
1	2	3	4	5
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	-	-

*Примечание:* 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
1	2	3	4	5	6	7
промежуточная	прямая		НТРИ-I (НТРИ-Iп)			НР-III-6,5
	внешняя сторона кривой	$R > 600$ м	НР-I-5			
		$R < 600$ м				НС-III-6,5
	внутренняя сторона кривой	$R > 1000$ м				
$R < 1000$ м		НС-I-6,5				

Продолжение приложения 6

Окончание табл. 6.4

1	2	3		4	5	6	7
воздушная стрелка	прямая			НС-I-6,5	НС-II- 6,5		НС-III-6,5
средняя анкеровка	прямая			НР-I-5			НР-III-6,5
	Внешняя сторона кривой	$R > 600$ м					
		$R < 600$ м		НС-III-6,5			
	Внутренняя сторона кривой	$R > 1000$ м		НС-I-5		НР-III-6,5	
$R < 1000$ м			НС-I-6,5		НС-III-6,5		
переходная опора сопряжения анкеровки	Опора А	рабочая		НР-I-5	НР-II-5		НР-6,5
		анкеруемая ветвь, габарит	3,1-3,5				
	Опора Б		рабочая	4,9-5,7	НС-I-5	НС-I-5 (НС-II-5)	
		анкеруемая ветвь, габарит		3,1-3,5	НР-I-5	НР-II-5	
			4,9-5,7	НС-I-5	НС-II-5		НС-III-6,5

**Условия применения изолированных консолей на участках переменного тока**

Тип опоры	Место установки и ветвь подвески		Тип консоли при габарите опоры, м				
			трубчатых	швеллерных			
				3,1-3,5	3,1-3,2	3,3	3,4-3,5
1	2	3	4	5	6	7	8
Промежуточная	прямая		ИТР-II	ИР-II-5			ИР-V-5п
	Внешняя сторона кривой	$R < 800$ м	ИТР-IIп				
		$R > 800$ м	ИТР-II				
	Внутренняя сторона кривой	$R < 1000$ м	ИТС-IIп	ИС-II-5; ИС-II-5п			ИС-V-5п
$R > 1000$ м		ИТС-II					
Воздушная 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
	Внешняя сторона кривой	$R < 800$ м	ИТС-IIп	ИС-II-5п			
		$R > 800$ м	ИТС-II	ИС-II-5			
	Внутренняя сторона кривой	$R < 1000$ м	ИТС-IIп	ИС-II-5п			
$R > 1000$ м		ИТС-II	ИС-II-5				

1	2	3	4	5	6	7	8
Переходная опора сопряжения анкерных 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 железнодорожного пути на перегоне**

Радиус кривой, м	Наибольшая длина анкерного участка, м, для типа подвески			
	полукомпенсированная		компенсированная	
	МФ-100	2МФ-100	МФ-100	2МФ-100
1	2	3	4	5
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

Окончание приложения 6

Таблица 6.7

**Габарит опор на кривых участках железнодорожного пути**

Габарит опоры, м, со стороны кривой	Радиус кривой						
	300-600	700-1200	1300-1800	1900-2000	2500	3000	4000
1	2	3	4	5	6	7	8
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

## Перечень рекомендуемой литературы

### Основные источники:

1. Федеральный закон «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» от 10 января 2003 г. № 17-ФЗ в ред. от 13 июля 2015 г.
2. Федеральный закон «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации» от 10 января 2003 г. № 18-ФЗ в ред. от 6 апреля 2015 г.
3. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации: утв. Приказом Минтранса РФ от 21 дек. 2010 г. № 286 с изм. и доп. от 4 июня 2012 г., 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, 2002 г.
6. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог: утверждены МПС России 11.12.2001 г. ЦЭ-868, 2006.
7. Правила безопасности при эксплуатации контактной сети и устройств электроснабжения автоблокировки железных дорог ОАО «РЖД» № 103 от 16.12.2010 г.
8. Инструкция по безопасности для электромонтеров контактной сети № 104 от 16.12.2010 г.
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 (станции) 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): введены в действие распоряжением ОАО «РЖД».

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

**Дополнительные источники:**

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

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

17. *Ерохин Е.А.* Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание контактной сети и воздушных линий/ Е.А. Ерохин. — М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2007.

18. *Южаков Б.Г.* Технология и организация обслуживания и ремонта устройств электроснабжения / Б.Г. Южаков. — М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2004.

**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-pabliish.com/journ\\_li.html](http://railway-pabliish.com/journ_li.html)

21.Транспорт России: еженедельная газета. В Интернете: [www.transportrussia.ru](http://www.transportrussia.ru)

## Содержание

Введение .....	3
Общие положения .....	6
1. Организация выполнения курсового проекта .....	6
1.1. Задание на курсовой проект .....	6
1.2. Руководство выполнением курсового проекта .....	8
2. Структура и содержание курсового проекта .....	9
3. Оформление курсового проекта .....	10
4. Методические указания к выполнению разделов пояснительной записки .....	14
5. Выполнение курсового проекта .....	31
6. Расчетно-технологическая часть .....	46
7. Технология выполнения трассировки контактной сети железнодорожной станции и прилегающего перегона .....	57
8. Экономическая часть .....	79
9. Заключение .....	82
Приложение 1. Примерная форма задания на курсовой проект .....	83
Приложение 2. Исходные данные .....	86
Приложение 3. Схемы железнодорожных станций .....	88
Приложение 4. Данные для трассировки контактной сети перегона .....	93
Приложение 5. Основные данные для расчета .....	96
Приложение 6. Данные для выбора фиксирующих и поддерживающих устройств контактной сети и трассировки анкерных участков	106
Список рекомендуемой литературы .....	110

Ответственная за выпуск *А.Н. Колычева*  
Редактор *М.Н. Середа*  
Компьютерная верстка *М.Н. Середа*

---

Подписано в печать 18.08.2016  
Формат 60×90/16. Печ. л. 7,0. Тираж 200 экз.  
ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию  
на железнодорожном транспорте»  
105082, Москва, ул. Бакунинская, 71  
Тел.: (495) 739-00-30, e-mail: info@umczdt.ru  
[http: //www.umczdt.ru](http://www.umczdt.ru)

---