

Министерство путей сообщения РФ  
Дальневосточный государственный университет  
путей сообщения

Кафедра "Электроснабжение"  
В.Н. Ли  
В.И. Ворсов

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ СЕТИ**

Методические указания  
на выполнение курсового проекта

Хабаровск  
1997

НТБ ДВГУПС



2700089143

За перечу штрих-кода налагается штраф

849819

УДК 621.332.3 (075.8)

ББК 0217.22 - 022

Л 550

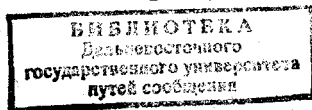
Ли В.Н., Ворсов В.И. Проектирование контактной сети: Методические указания на выполнение курсового проекта. - Хабаровск: ДВГУПС, 1997. - с.

В методических указаниях даны рекомендации по выполнению курсового проекта по дисциплине "Контактная сеть".

Методические указания предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения по специальности 1004 "Электроснабжение железнодорожного транспорта" специальность "Электроснабжение электрических железных дорог".

Табл. 7, рис. 24, список литер. 11 назв.

Рецензент: ведущий специалист Дальгипротранса Ильин С.Г.



© Дальневосточный государственный университет путей сообщения (ДВГУПС) 1997 г.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных элементов электрифицированных железных дорог является контактная сеть, служащая для передачи электрической энергии к электроподвижному составу через непосредственный контакт с токоприемником в сложных климатических условиях при заданных скоростях движения и весах поездов.

Поэтому при ее проектировании необходимо обеспечить механическую прочность и устойчивость всех ее элементов: проводов, опорных и поддерживающих устройств с учетом экономической целесообразности и надежности. Решая комплекс вопросов при выполнении курсового проекта, студент должен глубоко изучить теорию расчетов и устройство контактной сети, используя справочную и техническую литературу, опыт эксплуатации контактной сети на электрифицированных участках, творчески подходить к выполнению проекта.

Для проектирования задается станция и перегон железной дороги, на которых необходимо спроектировать контактную сеть.

## **ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

Курсовой проект должен содержать пояснительную записку с заданием на разработку проекта, расчетную часть и рабочие чертежи планов контактной сети заданной станции и прилегающего спрва перегона.

В расчетную часть входят:

1. Выбор исходных данных с характеристиками цепных подвесок на станции и перегоне, климатических условий, плана заданной станции, данных для вычерчивания перегона.
2. Определение нагрузок на провода контактной сети.
3. Определение допустимых длин пролетов на перегоне и станции.
4. Составление схемы питания и секционирования.
5. Выбор способа пропуска контактных подвесок в искусственных сооружениях.
6. Трассировка контактной подвески на станции.
7. Трассировка контактной сети на перегоне.
8. Расчет анкерного участка цепной подвески на главном пути станции.
9. Подбор консольных и ригельных опор.
10. Составление ведомости необходимых материалов и оборудования.
11. Определение общей стоимости контактной сети электрифицированного участка по укрупненным показателям.
12. Выполнение индивидуального задания.

На чертежах должны быть представлены планы контактной сети станции и перегона, выполненные на миллиметровой бумаге соответственно в масштабе 1:1000 и 1:2000.

Проектирование контактной сети необходимо выполнять по нормам технологического проектирования электрификации железных дорог [1], строительным нормам и правилам [2], соблюдая требования Правил технического содержания и ремонта контактной сети электрифицированных железных дорог [3].

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

### **Данные для разработки проекта**

Исходные данные по курсовому проекту выбираются студентом из приложений методического указания в соответствии с вариантом задания по

двум последним цифрам шифра студента заочного факультета, а для студента ДЗЭ - по номеру фамилии в журнале учебной группы. Если номер шифра (фамилии) студента состоит из одной цифры, в качестве предпоследней цифры прибавляется 0.

По шифру необходимо выписать следующие данные:

1. Тип подвески. Прил. 1.
2. Метеорологические условия. Прил. 2.
3. Схему станции, на которой размеры даны в метрах. Прил. 3.
4. Пикеты входных сигналов и искусственных сооружений. Прил. 4.

### **Определение расчетных нагрузок на контактные провода и тросы и выбор их натяжений**

Для цепной подвески главного пути станции и перегона расчетные нагрузки определяются по формулам [4, 5], а для подвески на боковых путях принимаются без расчетов там же для заданных климатических условий.

Максимальные и номинальные натяжения для несущих тросов ( $T_{\max}$ ,  $T_{\text{ном}}$ ) и номинальные натяжения для контактных проводов ( $K$ ) принимаются по [2, 4].

### **Определение допустимых длин пролетов**

Допустимые длины пролетов для подвески главного пути производятся с учетом взаимодействия несущего троса и контактного провода под действием ветровых нагрузок и других факторов по динамической методике [4].

Расчет ведется методом последовательного приближения, то есть сначала определяют  $l'_{\max}$ , приняв  $P_3=0$ ; затем, зная  $l'_{\max}$ , находят  $P_3$ . После этого вновь определяют  $l''_{\max}$  уже с учетом  $P_3$ . Найденное значение  $l''_{\max}$  сравнивают с  $l'_{\max}$  и если последнее ( $l''_{\max}$ ) не отличается от  $l'_{\max}$  более чем на 5 м, то оно принимается с округлением за окончательный результат. В противном случае расчет повторяется в той же последовательности.

Полученный результат проверяется [5], чтобы не допустить расхождения с существующими нормами допускаемых длин пролетов для данной

подвески в конкретных климатических условиях.

При расчете  $l_{\max}$  на данном этапе проектирования рекомендуется принимать приблизительно  $T_0 = 0,8T_{\max}$  при медном и  $T_0 = 0,85T_{\max}$  при сталемедном несущем тросе, и, соответственно,  $T_B = 0,7T_{\max}$  и  $T_B = 0,75T_{\max}$ .

Наибольшую длину пролета принимают не более 70 м на участках с одним и 75 м с двумя контактными проводами.

Допустимую длину для подвески на боковых путях, так же, как и для подвески на перегоне, принять без расчетов по [5].

Результаты расчетов свести в табл. 1.

Таблица 1

Допустимые длины пролетов для электрифицированного участка

Участки пути	Допустимая длина пролета, м
Станция - главный путь	
Станция - боковой путь	
Перегон - прямой участок пути	
Перегон - кривая $R_1$	
Перегон - кривая $R_2$	
Перегон - кривая $R_3$	

При разбивке опор на станции допустимую длину пролета для главных и боковых путей принимают меньшую, так как подвески закрепляются на общих поддерживающих устройствах.

### Составление схем питания и секционирования

Схема питания и секционирования вычерчивается в произвольном масштабе с кратким пояснением принятых решений в соответствии с принятыми [2,4] условными обозначениями. На схеме предусматривается питание контактной сети станции от прилегающих перегонов (продольное секционирование) и выделение группы путей в отдельные секции на станции (поперечное секционирование). Первое выполняется при помощи

изолирующих сопряжений анкерных участков, а второе – при помощи секционных изоляторов. При выполнении продольного секционирования на участке переменного тока у тяговой подстанции применяются изолирующие сопряжения с нейтральной вставкой.

При поперечном секционировании на станции следует предусмотреть раздельное питание двух главных путей (существующих или предполагаемых в перспективе).

При этом на станциях с числом путей (примыкающих к каждому из главных) более трех проектируют дополнительное поперечное секционирование. Для обеспечения плавки гололеда на проводах электрическим током, контактная сеть по каждому главному пути в пределах цепи тока должна быть одного эквивалентного сечения для равномерного прогрева проводов.

Секционирование с обязательным заземлением отключенной секции осуществляют для следующих путей станций:

- каждого из погрузо-разгрузочных;
- снабжения пассажирских составов водой и налива емкостей;
- осмотра крышевого оборудования ЭПС;
- электродепо;
- пунктов экипировки.

Заземление отключенной секции осуществляется специальным секционным разъединителем с ручным приводом и заземляющим контактом (рис. 1).

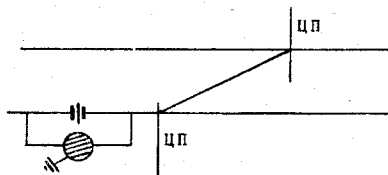


Рис. 1. Схема заземления отключенной секции

На схемах питания и секционирования указывается нормальное положение разъединителей (включенное и отключенное). Приняты следующие обозначения разъединителей: А, Б, В, Г, и т.д. – продольные; П – поперечные; Ф – питающих линий (фидеров); Д – деповские; З – с заземляющими контактами и Р – прочие, добавляя к этим русским буквам цифровые индексы, соответствующие номерам путей, направлений.



## Выбор способа пропуска контактных подвесок в искусственных сооружениях

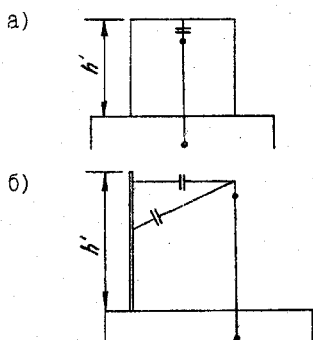
### 1. Под пешеходным мостиком

Пропуск контактной подвески под пешеходным мостиком может быть осуществлен с закреплением и без закрепления на ней подвесок изолятора несущего троса. В первом случае мостик рассматривается как опора и ближайшие к нему опоры должны располагаться на расстоянии, равном или близком к максимально допустимой длине пролета на станции. Во втором случае (с разанкерровкой несущего троса или без) опоры располагаются так, чтобы мостик был в середине пролета.

Выбранный способ пропуска контактной подвески под пешеходным мостиком должен быть описан соответствующими расчетами в пояснительной записке и показан на чертеже плана трассировки контактной сети станции.

При производстве расчетов следует использовать состояние подвески при беспровесном положении контактного провода, приняв минимальную высоту контактного провода ( $h'_{\min}$ ) не менее 5,75 м, а расстояние от частей, находящихся под напряжением, до заземленных не должно быть меньше 300 мм при переменном токе. Если расстояние менее 500 мм при постоянном токе и менее 650 мм при переменном, то необходимо предусматривать установку отбойников. Расстояние от контактных проводов до отбойников должно быть не менее 150 мм при одном и не менее 100 мм при двух контактных проводах.

### 2. По мосту с ездой понизу



Пропуск контактной подвески по мосту может быть осуществлен или цепной подвеской с малой конструктивной высотой, или простой подвеской.

Рис. 2. Схема установки на мостах с ездой понизу П-образной конструкции (а) и поворотной консоли (б)

В первом случае расстояния между точками подвеса несущего троса и высоту дополнительных конструкций ( $h'$ ) определяют по [4] (рис. 2.).

С малой конструктивной высотой подвеска может быть выполнена с анкерровкой несущего троса с обеих сторон моста на порталах с введением дополнительного троса (рис. 3.).

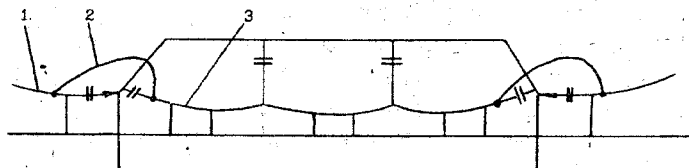


Рис. 3. Пропуск контактной подвески с малой конструктивной высотой: 1 -несущий трос; 2 -электрический соединитель; 3 -дополнительный трос

В случае невозможности (по условиям габарита) пропустить цепную подвеску, применяют простую с двумя контактными проводами (рис. 4.), подвешиваемыми на поперечных тросах или специальных кронштейнах на расстояниях, исходя из местных условий, но не более 12 м. Несущий трос при этом анкеруется при необходимости через компенсаторы на порталах моста.

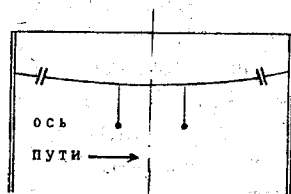


Рис. 4. Пропуск простой контактной подвески с двумя проводами

### Трассировка контактной сети на станции

Планы контактной сети станций и перегонов являются чертежами, выполняемыми проектными организациями. По ним строительно-монтажным поездом производятся строительные работы, то есть установка фундаментов, опор, опорных плит, лежней, анкеров, анкерных оттяжек, ригелей жестких поперечин, и электромонтажным поездом - монтажные работы, т.е. раскатка и подвеска проводов контактной подвески, усиливающих и питающих проводов, монтаж анкерровок и средних анкерровок, устройство

сопряжений анкерных участков и воздушных стрелок, монтаж гибких поперечин и армирование жестких поперечин, установка разъединителей, секционных изоляторов, разрядников, поперечных и продольных соединителей, монтаж заземлений и искровых промежутков.

Для того, чтобы выполнить установку строительных конструкций, каждая опора на плане контактной сети должна иметь две отметки (координаты или привязки), характеризующие место ее установки. Этими отметками являются габарит опоры к оси ближайшего пути и пикетная привязка (отметка) опоры. На планах контактной сети должны быть указаны типы основных строительных конструкций и приведены их спецификации.

Для возможности производства монтажных работ на планах контактной сети, в соответствии с условными обозначениями, должны быть показаны анкеровки, сопряжения анкерных участков (изолирующие и неизолирующие), средние анкеровки, мачтовые разъединители, секционные изоляторы, разрядники и т.д., приведены спецификации на провода и тросы (спецификации анкерных участков).

Планы контактной сети станции выполняются раньше, чем планы контактной сети перегонов, так как места расположения изолирующих сопряжений между станциями и перегонами выбираются с учетом расположения крайних стрелок и входных сигналов на станциях.

## 1. Подготовка плана станции

План станции вычерчивается в масштабе 1:1000 (1м - 1мм) на листе миллиметровой бумаги.

Ширина по ГОСТ должна быть равна 297 мм. Необходимая длина листа определяется по заданной схеме станции, на которой указаны расстояния (отметки) всех центров стрелочных переводов (СП), светофоров, тупиков и т.д. от оси пассажирского здания (ПЗ) в метрах. При этом условно в левую сторону от ПЗ эти отметки приняты со знаком "-", а в правую - со знаком "+".

Требуемая длина чертежа может быть определена путем суммирования координат входных светофоров по абсолютной величине и запаса в 500-600 мм для расположения сопряжений, нейтральных вставок и спецификаций.

Вычерчивание плана станции следует начинать с разметки тонкими вертикальными линиями через каждые 100 м условных станционных пике-

тов в обе стороны от оси пассажирского здания, принимаемой за нулевой пикет.

Необходимое число условных пикетов по обе стороны от ПЗ определяется теми же соображениями, что и при выяснении длины чертежа.

Пути на плане контактной сети должны быть представлены своими осями. На стрелках оси путей пересекаются в точке, называемой центром стрелочного перевода (ЦП) (рис. 5.).

Отметки ЦП от оси ПЗ и расстояния между осями путей (междупутья) указаны на заданной схеме станции.

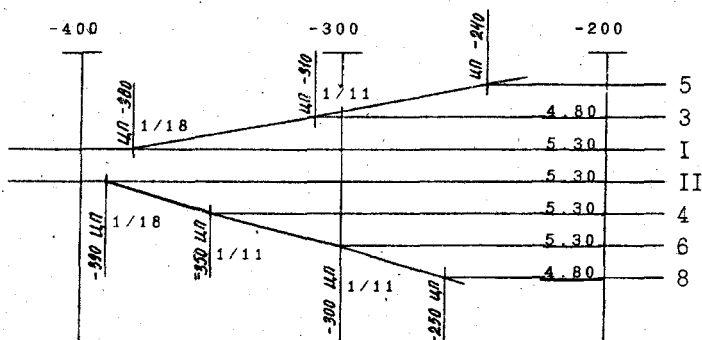


Рис. 5. Схема разметки ЦП и мест фиксации

Пользуясь этими данными, нужно, проведя прямой линией в середине чертежа ось главного пути, нанести параллельными линиями оси остальных путей. При этом расстояния между ними должны соответствовать в принятом масштабе (1м — 1мм) величинам заданных междупутей.

Номера путей и размеры междупутей следует указать в двух-трех местах по длине станций.

На плане станции также должны быть показаны соответствующими условными обозначениями электрифицируемые пути и пути, предлагаемые к укладке в перспективе.

Указав на специальных выносках (рис. 5.) пикетные отметки ЦП, вычерчивают стрелочные улицы (пути, соединяющие главные с боковыми) и съезды (соединение двух путей между собой, например главный с главным, главный с боковым) наклонными линиями, имеющими угол наклона к горизонтали в соответствии с марками крестовин стрелочных переводов.

Около каждого ЦП должна быть указана марка крестовины стрелочного перевода.

Определив отметки вершин стрелочных кривых крайних путей станции, следует их также указать на выносах (рис. 6.).

Примечание: марка крестовины стрелочного перевода соответствует величине тангенса угла ( $\alpha$ ) между осями двух пересекающихся путей (рис. 6.).

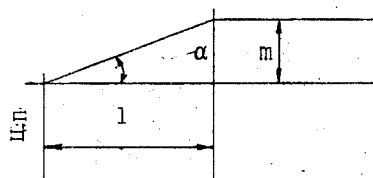


Рис. 6. Величина тангенса угла между осями пересекающихся путей:  
 $m$  - величина междупутья, м;  
 $l$  - расстояние от ЦП до вершины стрелочной кривой крайнего пути станции или до ЦП на следующем пути, м

Далее на план станции наносят здания, пешеходный мост, пассажирские платформы, тупики, тяговую подстанцию (ТП), входные светофоры, переезды с указанием их пикетных отметок.

Условные графические обозначения, принятые в проектировании, приведены в приложении 5.

## 2. Предварительное определение мест необходимой фиксации контактных проводов

Расстановку опор на станции следует начинать с определения мест, где необходимо предусматривать устройства для фиксации контактных проводов.

Таковыми местами являются все стрелочные переводы, над которыми должны быть смонтированы воздушные стрелки, и все места, где контактный провод изменяет свое направление (например, на стрелочных кривых крайних путей станции).

На одиночных стрелочных переводах наилучшее расположение контактных проводов, образующих воздушную стрелку, получается в том случае, когда фиксирующее устройство установлено на определенном расстоянии "С" от центра стрелочного перевода (рис. 7.).

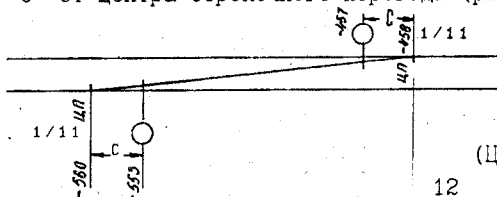


Рис. 7. Схема расположения фиксирующего устройства на расстоянии "С" от ЦП (ЦП - центр стрелочного перевода)

Величина расстояния "С" зависит от марки крестовины стрелочного перевода и должна приниматься по данным табл. 2.

Таблица 2.

Наилучшие расстояния "С" от ЦП стрелки до места установки фиксирующего устройства

Марка крестовины стрелочного перевода	С – оптимальное расстояние от ЦП до фиксирующего устройства, м
1/22	12,5
1/18	10,8
1/11	7,5
1/9	6,0

Намечая места установки фиксирующих устройств, расстояния, взятые из табл. 2., можно уменьшить на 1...2 м; увеличение этих расстояний допускается не более, чем на 1 м.

На перекрестных стрелочных переводах и глухих пересечениях фиксирующее устройство следует располагать над центром перевода (рис. 8.).

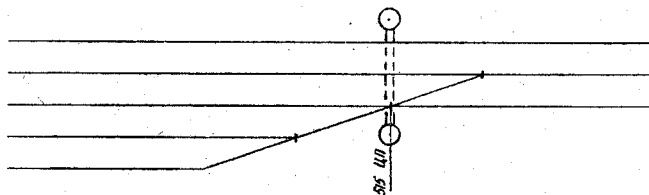


Рис. 8. Схема расположения фиксирующего устройства над ЦП

На стрелочных кривых крайних путей станции места фиксации контактных проводов целесообразно выбрать в середине кривых (в точках пересечения осей съездов и крайних путей) (рис. 9.).

Каждое место, где необходима фиксация контактных проводов, следует на плане наметить тонкой вертикальной линией и определить его станционный пикет, т.е. расстояние от ПЗ.

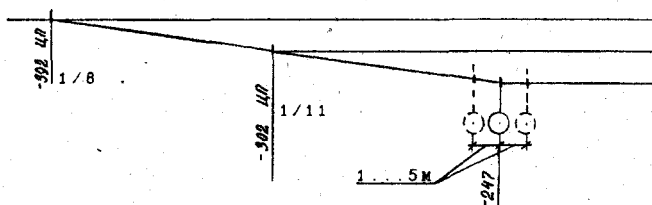


Рис. 9. Схема расположения фиксирующего устройства в середине кривых

### 3. Расстановка опор в горловинах станции

Расстановку опор на станции следует начинать с горловин, где сосредоточено наибольшее количество мест фиксации контактных проводов.

Из намеченных необходимых мест фиксации производится выбор тех мест, где можно рационально установить несущие опоры, то есть опоры с консолями или поперечинами.

Обычно расстояния между намеченными местами фиксации не совпадают с максимальными допустимыми пролетами, которые можно было бы реализовать на рассматриваемой станции по ветроустойчивости контактной подвески. В местах сосредоточения стрелочных переводов приходится отступать от максимальной расчетной длины пролета в сторону уменьшения, стремясь наибольшее число воздушных стрелок зафиксировать с несущих конструкций.

Если же установка только несущих опор приводит к значительному сокращению пролетов, то следует рассмотреть вариант возможности выполнения этих стрелок не только фиксированными со специальных фиксирующих устройств, а вообще нефиксированными (без фиксации контактных проводов в пределах стрелочного перевода), но предпочтение отдать первому варианту.

Нефиксированными воздушные стрелки могут быть выполнены разными способами:

а) если на опорных конструкциях, расположенных вблизи (не далее 20 м) от стрелочного перевода, возможно осуществить крепление проводов, обеспечивающее монтаж воздушной стрелки без фиксаторов в пределах стрелочного перевода. При этом на жестких и гибких поперечинах воздушная стрелка выполняется путем закрепления проводов, образующих

стрелку на фиксирующих тросах поперечин так, чтобы эти провода на стрелках не изменяли своего направления (рис. 10, а, б);

б) путем установки анкерной опоры с таким габаритом, чтобы анкеруемые провода проходили без излома (рис. 10, б). В этом случае необходимо учитывать наличие типовых консолей (при консольных опорах) для такого габарита, а также возможность установки анкерной опоры по условиям рельефа местности (ровное место, насыпь).

Кроме того, см. [4, рис. 105].

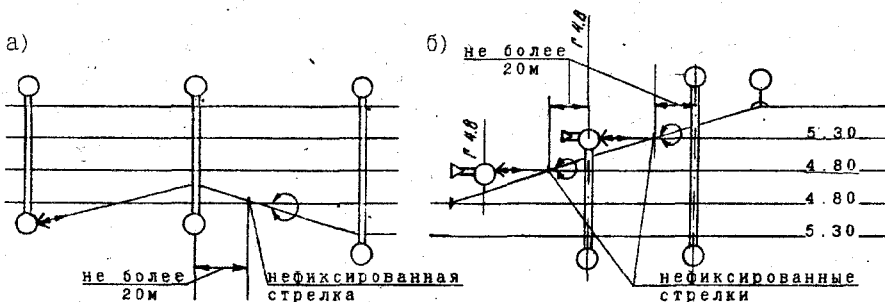


Рис. 10. - Схема выполнения воздушных стрелок на жестких поперечинах

При выборе мест установки несущих опор необходимо учитывать следующие соображения:

- воздушные стрелки главных путей при компенсированной подвеске обязательно, а при полукompенсированной - желательно фиксировать с несущих опор;

- длина пролета между несущими опорами не должна превышать максимальную расчетную. В тех местах, где подвески главных и боковых путей монтируются на общих гибких или жестких поперечинах, длина пролета не должна превышать меньшую из двух допустимых длин пролетов, подсчитанных для главных и боковых путей;

- длина пролета между несущими опорами должна быть не менее 30...35 м;

- разница в длинах между несущими опорами должна быть не более 25% длины большего из пролетов для полукompенсированной подвески;

- при расстановке опор необходимо учитывать возможность анкерования всех проводов с путей, заканчивающихся (или начинающихся) в горло-



винах станции без установки дополнительных анкерных опор, то есть стремиться к максимальному совмещению опор различного назначения (несущих, анкерных и фиксирующих). Кроме того, нужно учитывать возможность подвески питающих и других проводов на опорах контактной сети.

Итак, отправным моментом при установке опор в горловинах станции является выполнение требования фиксации воздушных стрелок главных путей с несущих опор. Выполняя это требование, устанавливают в каждой горловине в намеченных местах фиксации стрелок главных путей первые четыре несущие опоры (на однопутных участках - две опоры в каждой горловине).

Расстояние между несущими опорами - есть длина пролета, таким образом, установив эти несущие опоры, получают первые пролеты.

Рассмотрим пример, приведенный на рис. 11. По первому пути расстояние между двумя несущими опорами оказалось равным 58 м.

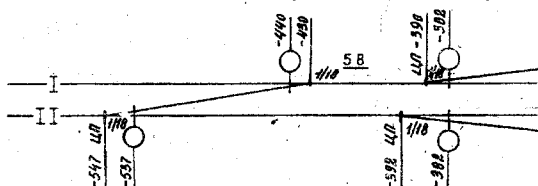


Рис. 11. Вариант установки несущих и фиксирующих опор

Пусть при этом из расчета длин пролетов известно, что для главных путей  $l_{\max} = 70$  м.

Тогда можно считать, что по I-ому пути намечился первый пролет, величина которого не превышает  $l_{\max}$  и вместе с тем достаточно велика. По II-ому пути расстояние между двумя установленными опорами составило 155 м, а это больше, чем  $2l_{\max} = 2 \times 70 = 140$  м, следовательно, здесь придется выполнить три пролета (рис. 12.).

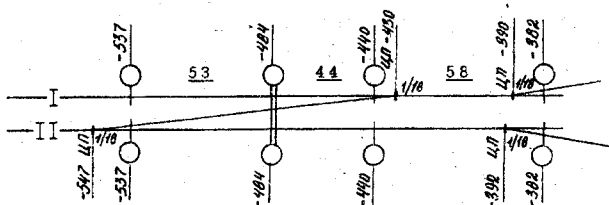


Рис. 12. Выбор первых пролетов в горловинах станции

При выполнении примера (рис. 12.) соблюдены следующие требования:

- соседние пролеты разнятся друг от друга не более, чем на 25% (58 м и 44 м);

- левый пролет сделан возможно большим с тем, чтобы следующий пролет влево можно было бы делать равным 70 м (53 м и 70 м отличаются друг от друга на 25%);

- над средней частью съезда главных путей установлена жесткая поперечина для возможности подвески на ней контактной сети съезда, длина которого превышает 70 м.

Установив величины пролетов между опорами, фиксирующими воздушные стрелки главных путей станции, приступают к наметке несущих опор на следующих стрелках станции, учитывая вышеперечисленные требования к длинам пролетов.

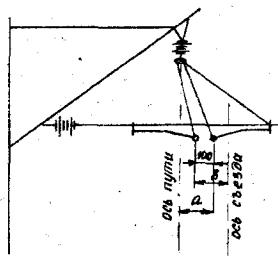
При этом приходится нередко смещать устанавливаемые опоры от предварительно намеченных наилучших мест фиксации стрелок и стрелочных кривых ( на стрелках к центру перевода на 1...2 м, или от центра - на 1 м; на стрелочных кривых - от середины кривой на 1...5 м в любую сторону).

Пролеты между двумя-тремя жесткими (гибкими) поперечинами, расположенными в горловинах станции, следует делать (сохраняя минимально необходимое количество опор поперечин) короче допустимых, чтобы не устанавливать специально фиксирующие опоры для фиксации контактных проводов на стрелочных кривых (рис. 12. опоры с пикетом - 382), а также иметь возможность смонтировать контактные провода на одной из поперечин без зигзага (с нулевым зигзагом). Последнее необходимо делать в некоторых случаях для увязки зигзагов контактных проводов на воздушных стрелках, расположенных в различных горловинах станции.

Для окончательного определения мест установки опор у ЦП стрелок нужно расставить зигзаги на стрелках.

Величина зигзагов "а" и "в" ( рис. 13.) у несущей опоры на воздушной стрелке зависит от расстояния "Х", выбираемого от места фиксации проводов до ЦП стрелки [4, табл.71].

Рис. 13. Величина зигзагов "а" и "в" у несущей опоры на воздушной стрелке



При зигзагах, указанных в вышеназванной таблице [4, табл.71], расстояние между контактными проводами по горизонтали у опор равно 100 мм (см. рис. 13.). Величины зигзагов в таблице приведены для случая, когда зигзаги "а" и "в" равны. Если по сочетанию зигзагов в пролетах, соседних с воздушной стрелкой, есть необходимость в изменении зигзага на стрелке, то они могут быть выполнены разными по величине, но при условии, что сумма новых зигзагов должна равняться 2а.

Как видно из [4, табл.71], для каждой марки стрелочной крестовины наилучшему расстоянию от ЦП до фиксирующего устройства соответствуют зигзаги контактных проводов, равные 40 см. Эти зигзаги приняты нормальными на стрелках и могут не показываться цифрой, как это принято в условных обозначениях.

Пример указания зигзагов у центра стрелочного перевода приведен на рис. 14. В данном случае расстояние от центра до перевода марки 1/11 до опоры  $X = 2$  м. Из табл. [4, табл.71] находим, что при этом величина зигзагов контактных проводов равна 25 см.

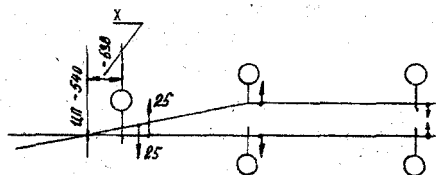


Рис. 14. Пример указания зигзагов у центра стрелочного перевода

В расчетах при определении допустимых длин пролетов величина зигзага контактных проводов на прямой была принята равной 0,3 м; однако зигзаги контактных проводов на воздушных стрелках обычно отличаются от этой величины. Поэтому длина пролета между несущими опорами, из которых хотя бы одна фиксирует воздушную стрелку, должна быть проверена по допускаемым ветровым отклонениям с учетом действительных зигзагов с помощью графиков, приведенных в [5].

Производя необходимые перемещения опор для увязки зигзагов, следует помнить, что соседние пролеты не должны отличаться друг от друга более, чем на 25% длины большего из них.

После определения мест установки несущих и фиксирующих опор у стрелок и на стрелочных кривых обеих горловин станции, можно приступать к разбивке опор в средней части станции.

#### 4. Расстановка опор в средней части станции

Между крайними в сторону пассажирского здания несущими опорами, установленными в обеих горловинах станции, остается расстояние, которое следует разбить на пролеты, близкие по величине максимальным расчетным, имея ввиду меньший из двух, полученный для подвески главных и боковых путей, стремясь при этом к установке минимального числа жестких и гибких поперечин.

При разбивке опор в средней части станции нужно руководствоваться следующими соображениями:

- Пешеходный мост, в соответствии с действующими типовыми решениями, должен находиться примерно в середине одного из пролетов, чтобы контактные подвески пропустить под мостом.

- Длина двух-трех пролетов, расположенных приблизительно посередине анкерных участков боковых путей станции, должна быть на 10% меньше допустимого пролета, чтобы разместить в них средние анкеровки контактных проводов.

- Средние анкеровки не следует располагать в пролете под пешеходным мостом, чтобы не усложнять проход контактных подвесок под мостом. Лучше перенести среднюю анкеровку в один из соседних пролетов.

- Не следует располагать опоры перед входом в пассажирское здание или в непосредственной близости от него.

- Конкретный способ прохода контактных подвесок под пешеходным мостом должен быть выбран по рекомендациям, изложенным в [2], имея ввиду, что минимальный габарит контактного провода от головки рельса равен 5750 мм.

Принятая схема прохода и пояснения к ней должны быть приведены в пояснительной записке курсового проекта.

#### 5. Расстановка опор по концам горловин станции

По обоим концам горловин станции для электрического разделения контактной сети и перегона должны быть применены изолирующие сопряжения анкерных участков.

Последние, в соответствии с составленной схемой секционирования и питания контактной сети станции и перегона, выполняются с одним воздушным промежутком по трехпролетной схеме или с двумя воздушными

промежутками и нейтральной вставкой, расположенной между ними, по пяти- или семипролетной схеме. Схемы изолирующих сопряжений приведены в [1].

Изолирующие сопряжения с одним воздушным промежутком должны располагаться между входным сигналом (светофором) и ближайшим к перегону стрелочным переводом с условиями, чтобы:

а) при отключении напряжения с контактной сети перегона сохранялась возможность перестановки сцепа из двух электровозов с одного пути станции на другой;

Для выполнения этого требования нужно, чтобы между центром перевода последней в сторону перегона стрелки и ближайшей переходной опорой изолирующего сопряжения было не менее 60 м (рис. 15.);

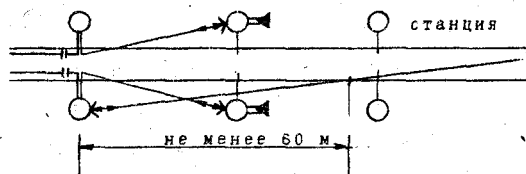


Рис. 15. Схема установки переходных опор сопряжения анкерных участков

б) При отключении напряжения с контактной сети станции исключалась возможность подачи напряжения на отключенную секцию станции с перегона через токоприемник ЭПС.

Это условие будет соблюдено, если крайнюю анкерную опору установить на расстоянии не ближе 15 м в сторону станции от входного сигнала (рис. 16.):

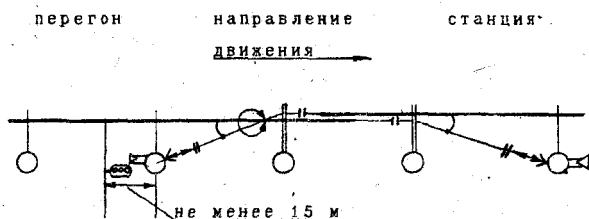


Рис. 16. Условие установки анкерной опоры

Изолирующие сопряжения с двумя воздушными промежутками и нейтральной вставкой между ними должны быть расположены за входным сиг-

налом так, чтобы нейтральная вставка не препятствовала троганию и необходимому разгону поезда, остановившегося у закрытого входного сигнала.

Принципиальная схема размещения изолирующего сопряжения с нейтральной вставкой, увязанная с расположением входного сигнала, приведена на рис. 17.

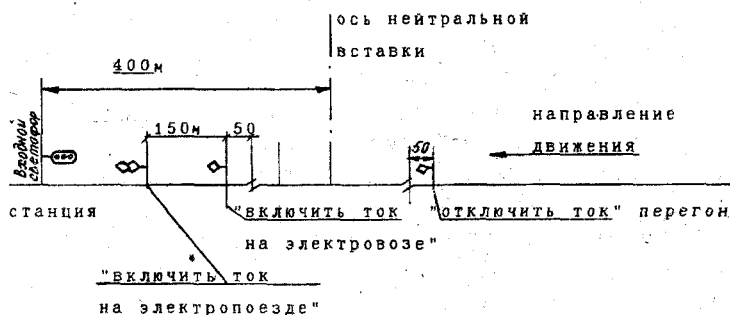


Рис. 17. Принципиальная схема расположения изолирующего сопряжения с нейтральной вставкой

Изолирующие сопряжения следует располагать на прямых участках пути.

При расстановке опор изолирующих сопряжений анкерных участков необходимо учитывать следующее:

- длина анкерных участков цепной подвески главных путей не должна быть более 1600 м;
- длина пролетов между переходными опорами воздушных промежутков изолирующих сопряжений должна быть на 25% меньше допустимых по ветроустойчивости контактной сети;
- в качестве анкерной опоры для станционных боковых путей может быть использована крайняя к станции переходная опора.

#### 6. Расстановка зигзагов в средней части станции и на изолирующих сопряжениях

После определения мест установки опор по всей станции производится расстановка зигзагов.

Расстановка зигзагов на воздушных стрелках была произведена ранее при установке опор в горловинах станции.

В средней части станции по каждому пути должны быть расставлены зигзаги, поочередно направленные под каждой поперечиной то в одну, то в другую сторону от оси пути.

При этом начать расстановку зигзагов по каждому пути следует с зигзага, указанного на воздушной стрелке этого пути в одной из горловин станции. Когда в противоположной горловине на воздушной стрелке по рассматриваемому пути зигзаг не увязывается (у двух смежных промежуточных опор зигзаги имеют одностороннее направление), нужно на одной из жестких поперечин смонтировать контактные провода без зигзага (нулевой зигзаг). Нулевой зигзаг допустимо проектировать только на тех поперечинах, где длина прилежащих пролетов подвески меньше допустимой не менее чем на 5%.

На изолирующих сопряжениях от направления зигзагов зависит вариант расположения (укладки) контактных проводов в плане (рис. 18, а, б.)

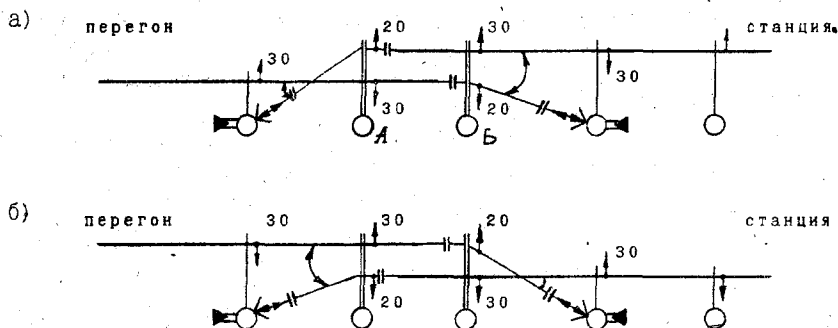


Рис. 18. Схема установки зигзагов на изолирующих сопряжениях

Поэтому вначале необходимо расставить зигзаги, начиная с крайних стрелок станции до анкерных опор изолирующих сопряжений, а затем вычертить расположение подвесок в плане.

## 7. Трассировка анкерных участков на станции

После расстановки опор и зигзагов производят трассировку (разводку) анкерных участков контактных подвесок всех путей станции и окон-

чательно выбирают места установки анкерных опор. При этом учитывается следующее:

- длина анкерных участков цепной подвески путей станции не должна быть более 1600 м;

- количество анкерных опор должно быть минимальным, но анкеровать две подвески на одной опоре допускается только в том случае, если эта опора металлическая, ненаправленная;

- стараться делать как можно меньше пересечений подвесок, (особенно нежелательны пересечения главных путей);

- воздушные стрелки желательно выполнять с одиночным пересечением (рис. 19, а, б, ). Если же по условиям трассировки это сделать не удастся, то воздушные стрелки выполняются с двойным пересечением проводов, разнесенным на пролет (рис. 19, в). Двойные пересечения без разнесения на пролет делать не следует (рис. 19, г);

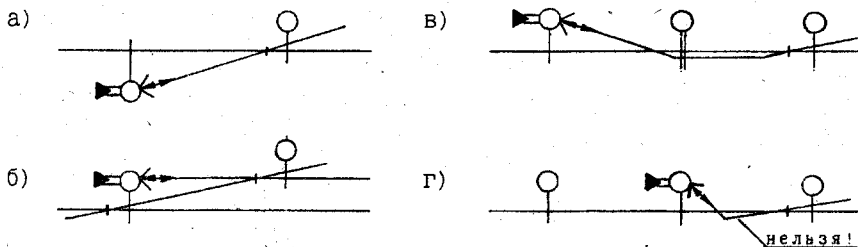


Рис. 19. Варианты воздушных стрелок: а, б, в - желательные; г - недопустимые

- пересечение на воздушных стрелках главных путей станций различных типов цепных подвесок не допускается (полукомпенсированной и компенсированной).

Сопряжение полукомпенсированной и компенсированной подвесок производится в ближайшем к станции анкерном участке перегона, одна половина которого работает как компенсированная подвеска, другая - как полукомпенсированная. Стыковка выполняется по средней анкеровке;

- при применении на станциях полукомпенсированных подвесок на стрелочные улицы обеих горловин заводится подвеска с крайних боковых путей станции, а на съездах между главными путями, как правило, надо предусматривать отдельные анкерные участки;



- анкерные участки подвесок главных путей обычно трассируют от крайних в сторону перегона анкерных опор изолирующих сопряжений в одном конце станции до таких же опор на другом конце. Если при этом длины анкерных участков превышают допускаемые (1600 м), то контактную подвеску каждого главного пути размещают в двух анкерных участках, устраивая трехпролетное сопряжение в наиболее удобном для этого месте. Причем при полукompенсированной подвеске несущий трос трассируется через всю станцию одним анкерным участком, а контактные провода в пролетах сопряжений подвешиваются к дополнительно подкатанному биметаллическому тросу (ПБСМ-95 или ПБСМ-70), механически связанному с основным несущим тросом (рис. 20.).

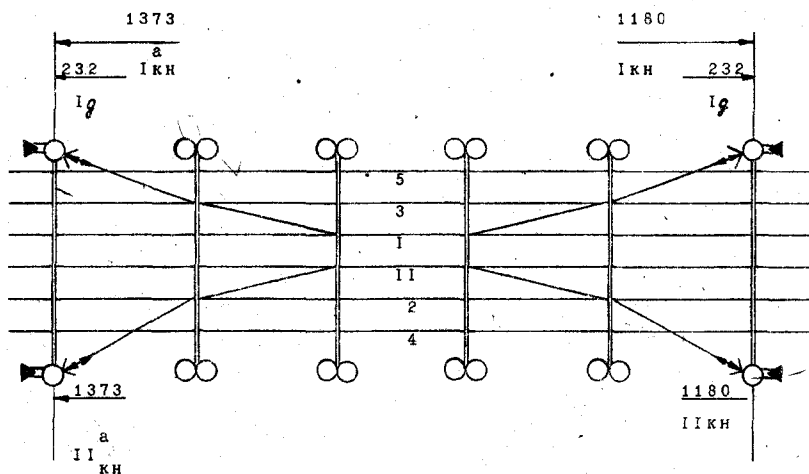


Рис. 20. Вариант сопряжения анкерных участков по главным путям

- на воздушных стрелках и у переходных опор угол изменения направления контактного провода в плане на главных путях не должен в первом пролете превышать 6 градусов ( $\text{tg} = 1/10$ ). На других путях, а также в следующих пролетах после первого, этот угол может быть равен  $10^\circ$  ( $\text{tg} = 1/6$ ).

При трассировке анкерных участков нерабочие ветви вычерчиваются тонкими сплошными линиями;

- в анкерных участках длиной менее 800 м устраивают одностороннюю компенсацию контактных проводов.

- длина анкерного участка указывается у каждой анкерной опоры.

Анкерные участки главных путей обычно нумеруют римскими цифрами (I, II), других путей - арабскими. Желательно, чтобы номер анкерного участка соответствовал номеру пути, над которым расположена подвеска этого анкерного участка.

#### 8. Трассировка питающих и отсасывающих линий

На плане станции в соответствии с принятой схемой питания и секционирования должна быть произведена трассировка питающих линий - от портала тяговой подстанции до места присоединения их к контактной сети перегонов и станции; а также воздушной отсасывающей линии - от портала подстанции до опоры у пути, на которой воздушная отсасывающая линия переходит в кабельную с дальнейшим присоединением ее к рельсовой цепи.

Для анкеровки питающих линий на подстанции и в месте подключения к контактной сети должны быть установлены фидерные металлические или железобетонные опоры.

На каждой металлической опоре следует анкеровать не более двух-трех линий. На железобетонной опоре высотой до 10 м можно анкеровать только одну воздушную линию, на пятнадцатиметровой - две линии с одной стороны в разных уровнях. Применяя специальный анкерный кронштейн, позволяющий анкеровать две линии на одной высоте, можно удвоить указанное число анкеровок на железобетонных опорах.

Допустимая длина пролета питающего фидера 90...100 м при условии сохранения допускаемых вертикальных габаритов при наибольших стрелах провеса.

На каждой промежуточной опоре следует располагать не более двух линий - по одной с каждой стороны опоры. Расстояние между фидерными опорами параллельно идущим линиям рекомендуется принять не менее 10 м. Тогда будут соблюдены требуемые расстояния между проводами линий (не менее 2 м в точках подвешивания на опоре).

В качестве промежуточных и анкерных фидерных опор обычно используют типовые опоры контактной сети. Пример выполнения питающих и других линий от тяговой подстанции к контактной сети на рис. 21, а, б.

Для подвески питающих линий вдоль электрифицируемых путей, как правило, следует использовать опоры контактной сети, располагая одну питающую линию на специальных кронштейнах с полевой стороны опор.

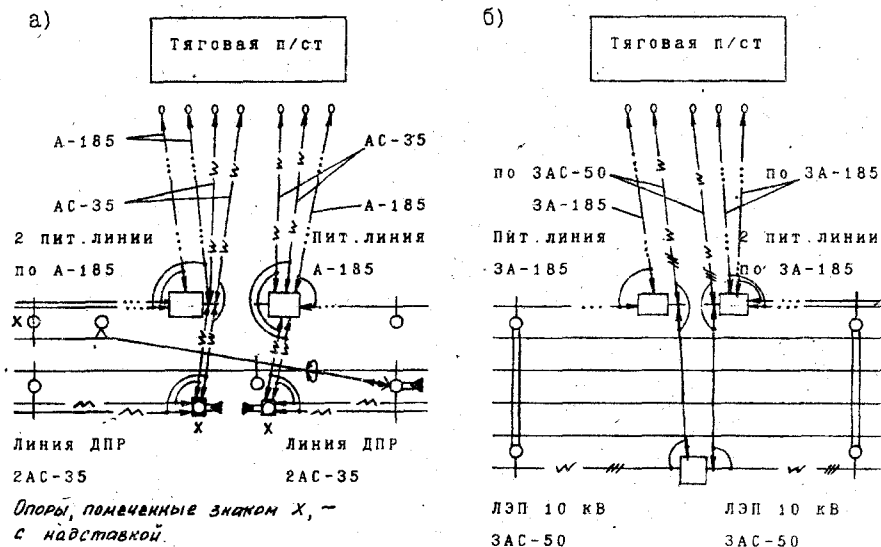


Рис. 21. Примеры разводки питающих и других линий от тяговой подстанции к контактной сети: а) переменный ток; б) постоянный ток

Если необходимы в некоторых местах две линии, то должны быть установлены дополнительные опоры или применены надставки на основных опорах.

Трассировать питающие линии следует по той стороне станции, где это более удобно; при необходимости устраивают переходы проводов питающих линий через контактные сети путей, устанавливая по обе стороны металлические или железобетонные (с металлической надставкой) опоры с анкерровкой проводов воздушных линий на этих опорах. На каждой такой опоре может быть заанкерено не более двух-трех различных линий (см. рис. 21.).

Угол пересечения питающих линий с электрифицированными путями должен быть возможно ближе к 90 градусам, но не менее 40.

В целях экономии питающие линии должны трассироваться только до ближайшей возможной точки подключения к контактной сети станции или перегонов.

Если тяговая подстанция расположена в пределах станции, то присо-

единение питающих линий к главным путям станции должно быть произведено у подстанций.

Шлейфы от фидерных разъединителей (при наличии жестких поперечин) удобно подвешивать к специальным кронштейнам, устанавливаемым на жестких поперечинах. В прочих случаях шлейфы от разъединителей присоединяются к "перекидкам", закрепленным на металлических или железобетонных опорах (с надставкой или высотой 15 м) на высоте, обеспечивающей необходимое расстояние до контактных подвесок. И уже от этих "перекидок" осуществляются спуски к питаемым контактным подвескам.

Используя "перекидки", можно осуществить переход фидеров через электрифицируемые пути.

Фидерные разъединители должны быть установлены на анкерных опорах фидерных линий.

## 9. Опорные и поддерживающие конструкции на станции

На станциях в качестве поддерживающих устройств могут применяться однопутные консоли, жесткие и гибкие поперечины (применение двухпутных консолей нежелательно).

В качестве основного типа несущих конструкций на станциях должны предусматриваться жесткие поперечины на 3-8 путей на железобетонных конических стойках, а по концам станции, где число путей не более двух - консольные конические опоры.

Жесткие поперечины устанавливают на одиночные или сдвоенные конические опоры - стойки.

Сдвоенные стойки следует предусмотреть под жесткие поперечины:

- а) на 5..8 путей при максимальной скорости ветра  $v_{max}$ , равной 30 м/с;
- б) на 3..8 путей при  $v_{max} = 35$  м/с;
- в) независимо от числа путей и скорости ветра в местах расположения трехпролетных сопряжений анкерных участков главных путей в середине станции для тех поперечин, от которых подвески отходят на анкеровку. (рис. 20).

На крупных станциях с числом путей более восьми (максимальная длина жесткой поперечины 44,2 м - расстояние между осями стоек), при отсутствии необходимых междупутий для установки стоек жестких поперечин допускается применение гибких поперечин на металлических опорах.

Если на станции между крайним боковым путем (обычно выделяемым для погрузо-разгрузочных работ) и соседним с ним достаточно большое междупутье, то на нем следует установить опоры, используемые и как стойки жестких поперечин, и как консольные опоры контактной подвески крайнего пути (рис. 22.).

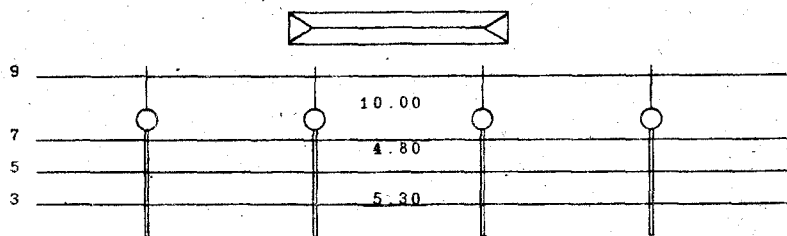


Рис. 22. Установка опор в междупутьях

Количество путей, перекрываемых одной гибкой поперечиной, как правило, не должно быть более десяти.

Все опоры, показанные на плане станции, включая специальные опоры для питающих и отсасывающих линий, нумеруют в направлении счета километров, начиная в одном конце станции до последней анкерной опоры сопряжения на другом конце. Обязательно, чтобы опоры, расположенные со стороны четных путей, имели четные номера, а со стороны нечетных — нечетные. Сдвоенные стойки жестких поперечин имеют один, общий номер.

У каждой опоры на выноске должен быть указан ее пикет (расстояние от оси ПЗ) и габарит установки (расстояние от оси ближайшего к опоре пути до внутренней ее грани на уровне головки рельсов). Определение габаритов устройств контактной сети, в том числе и опор, см. параграф 10.1 в [4].

## 10. Обработка плана контактной сети

В соответствии с принятой схемой питания и секционирования, на плане станции должны быть показаны места установки секционных изоляторов, разъединителей и изоляторов, включаемых в фиксирующие тросы поперечин, а также в нерабочие ветви цепных подвесок сопряжений. Около каждого секционного изолятора указывается его тип, а сам он

устанавливается на расстоянии от 10 до 15 м от несущей опоры, но не ближе 5 м.

Секционные разъединители показывают у тех опор, на которые они должны быть установлены. При этом на анкерных железобетонных опорах установка секционных разъединителей не разрешается.

Продольные секционные разъединители желательно располагать на ближайших к оси станции переходных опорах изолирующих сопряжений.

Поперечный разъединитель, служащий для возможности соединения I и II главных путей или одного главного пути с изолированной секцией из нескольких боковых, следует установить на одной из опор вблизи пассажирского здания.

Показывают продольные и электрические соединители на воздушных стрелках в местах пересечения цепных подвесок, а также электрические соединители между проводами подвесок путей, входящих в одну общую секцию, и местах трогания электровозов (через 300...400 м друг от друга, места установки разрядников).

На линиях постоянного тока последними устанавливают роговые разрядники с двумя последовательными воздушными промежутками по 5 мм каждой; на линиях переменного тока аналогичные (с промежутком 45 мм) или трубчатые на напряжение 35 кВ. Разрядники устанавливают не далее двух пролетов от защищаемых ими мест на любых опорах, кроме анкерных с оттяжками.

Роговые разрядники на линиях постоянного тока устанавливают:

в местах анкерровок проводов (в том числе и средних для компенсированных подвесок);

на одной из переходных опор неизолирующих сопряжений;

на переходных опорах изолирующих сопряжений, при нормально разомкнутых секционных разъединителях - для каждой подвески, при нормально замкнутых - для одной из подвесок;

у искусственных сооружений при анкеровке на них контактной подвески - с одной стороны при длине сооружения до 80 м, с двух - при большей длине;

на питающих линиях у мест их присоединения к контактной сети, а также на расстоянии не более 100 м от подстанции при длине этих линий более 150 м и через каждые 1...1,5 км на протяженных линиях.

Разрядники на линиях переменного тока устанавливают:

с обеих сторон изолирующих сопряжений анкерных участков;

на конце консольных участков контактной сети, состоящих из двух

или более анкерных участков;

у отсасывающих трансформаторов у обоих выводов их первичной обмотки, присоединенной к контактной сети, на расстоянии не менее 5 м;

только трубчатые с внешним искровым промежутком 100 мм у мест присоединения питающих линий к контактной сети, кроме того, не более 200 м от тяговой подстанции при длине этих линий более 300 м;

трубчатые с внешним искровым промежутком 60 мм на линиях ДПР у места пересечения их с контактной подвеской с одной стороны от места пересечения.

В местах, подверженных частым грозовым разрядам, следует у неизолирующих сопряжений контактной сети устанавливать дополнительные разрядники.

Роговые трубчатые разрядники подсоединяют только к электрическим соединителям контактной подвески.

Вдоль всего плана станции размещаются таблицы. Аналогичные применяются на планах перегонов, где указываются: габариты и типы опор, типы консолей, фиксаторов, привязка мест установки опор к пикетам станции или перегона. Если таких таблиц нет, все необходимые данные должны быть указаны в соответствующих местах плана. На плане станции нужно привести спецификацию анкерных участков, в которых указать применяемые провода в метрах на каждом анкерном участке.

### **Трассирование контактной сети на перегоне**

Руководствуясь положением из [4], план контактной сети перегона составляют в увязке с выполненным планом контактной сети станции, в следующем порядке.

#### **1. Подготовка плана перегона**

План перегона вычерчивается на листе №2 миллиметровой бумаги (формат тот же, что и для станции) в масштабе 1:2000 по данным из приложения 3 задания на курсовой проект. Так как перегон примыкает к станции справа и является ее продолжением, расположения опор на станции и перегоне должны быть увязаны между собой, а исходной точкой данных перегона служит пикет светофора.

План перегона рекомендуется вычерчивать в виде рис. 23.

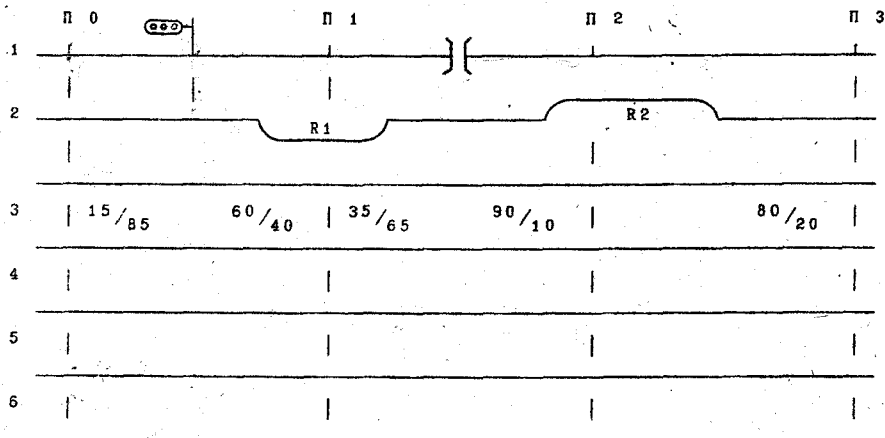


Рис. 23. Участок плана контактной сети перегона: 1 - условная прямая линия пути; 2 - спрямленный профиль пути с указанием направлений поворота радиуса кривых; 3 - пикеты искусственных сооружений, "кривых"; 4 - пикеты опор; 5 - габариты опор; 6 - тип опор

## 2. Расстановка опор на перегоне

Расстановку начинают с предварительной наметки на плане перегона длин анкерных участков, руководствуясь при этом следующим:

- сначала переносят на план перегона опоры крайних сопряжений анкерных участков с планов станций;

- длины анкерных участков на прямых участках пути не должны превышать 1600м, на кривых участках - согласно данным таблицы 11 [5], причем необходимо стараться располагать кривые ближе к середине анкерного участка;

- ж. д. мост через реку должен попасть примерно на середину анкерного участка.

Далее необходимо установить способ пропуска цепной подвески на мосту, пользуясь рекомендациями изложенными в [4]. При пропуске подвески по простой или цепной схеме и с малой конструктивной высотой с анкерровкой несущего троса на порталах моста, первую опору устанавли-



ливают на расстоянии, равном половине длины пролета для данного участка. При отсутствии анкеровки несущего троса на порталы ближайшие к мосту опоры устанавливают так, чтобы разница в длинах соседних пролетов не была более 25%.

Затем намечают пролеты для средних анкеровок и переходных пролетов эластичных сопряжений анкерных участков, где длина уменьшается на 10%.

После этого расставляют остальные опоры пользуясь длинами пролетов, рассчитанными для соответствующих участков. Причем ближайшие к водопропускным трубам и переездам опоры или оттяжки должны стоять от их края на расстоянии не менее 5 м.

На однопутных линиях опоры устанавливают со стороны, противоположной предполагаемой укладке второго пути. На двухпутных участках опоры располагают в створе сопряжений анкерных участков, которые иногда относят на 5 метров относительно друг друга.

При установке опор на прямом участке, переходящем в кривой (или наоборот) для определения длины пролета следует руководствоваться правилом пропорции или процентов.

На участках, где возможны автоколебания проводов, а также для исключения резонансных явлений в системе "токоприемник-контактная подвеска", расстановку опор следует вести чередующимися пролетами, один из которых равен максимально допустимому, а другой - на 7-8 метров меньше, избегая при этом периодичности чередования пролетов.

### 3. Разбивка анкерных участков и зигзагов

После размещения всех опор производят окончательную разбивку контактной сети на анкерные участки, длина которых определяется из расчета минимального количества анкерных опор и условий трассы. Сопряжения анкерных участков выполняются эластичными по трехпролетной схеме и располагаются на прямых участках или внешней стороне кривых.

Так как на станции полукомпенсированная контактная подвеска, а на перегоне компенсированная, анкерные участки, примыкающие к станциям, выполняются со средней анкеровкой компенсированной подвески, а само сопряжение - как для полукомпенсированной.

Разбивку зигзагов проводов следует начинать с кривых, а затем на прямых участках пути с последующей увязкой с зигзагами проводов на

опорах изолирующих сопряжений. Если на двух смежных опорах зигзаги имеют одностороннее направление, то на одной из опор контактные провода размещают над осью пути.

#### 4. Трассировка усиливающих и других проводов

Провода ЛЭП, ДПР, усиливающие или питающие обычно располагают на специальных кронштейнах, устанавливаемых на опорах с полевой стороны (усиливающие провода могут проходить по надставкам над консолями, если с полевой стороны опор проходит ЛЭП 10 кВ). Усиливающие провода, с целью экономии, разанкерывают перед каждым сопряжением и в пределах сопряжения заменяют отходящими ветвями контактных подвесок. Более подробно о трассировке проводов см. [4, 5].

#### 5. Обработка плана контактной сети перегона

При обработке плана контактной сети производят нумерацию всех опор (кроме опор крайних сопряжений анкерных участков, относящихся к станциям) в направлении счета километров. Причем на двухпутных линиях опорам со стороны четного пути присваиваются четные номера, а со стороны нечетного - нечетные. Аналогично нумеруют анкерные участки с указанием их номеров и длин; проставляют длины пролетов, пикеты искусственных сооружений и опор, тип опор (рис. 24.), а также обозначают места расположения разрядников, электрических соединений, секционных разъединителей, которые выбирают по [4, 5].

После выполнения всех работ по трассированию контактной сети перегона составляется спецификация основного оборудования (провода, опоры, консоли, фиксаторы и т. п.).

### Расчет анкерного участка полукompенсированной цепной подвески

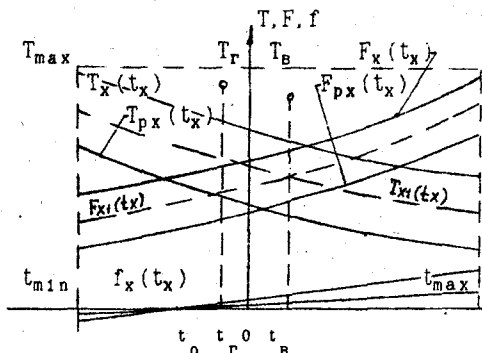
В объем расчета анкерного участка полукompенсированной цепной подвески по главному пути входит построение монтажных графиков и составление по ним монтажных таблиц (см. табл. 3) для нагруженного и разгруженного несущего троса и контактного провода, а также определение натяжений нагруженного несущего троса при дополнительных наг-

рузках -  $T_r$ ,  $T_b$ .

Расчеты выполнять по методике, изложенной в [4], в следующем порядке.

- Определить нагрузки на провода подвески, если ранее не были найдены.
- Рассчитать длину эквивалентного пролета для анкерного участка главного пути.
- Установить исходный расчетный режим.
- Определить температуру беспровесного положения контактного провода ( $t_0$ ).
- Определить натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода ( $T_0$ ).
- Рассчитать натяжения и стрелы провеса разгруженного несущего троса в зависимости от температуры ( $T_{px}(t_x)$  и  $F_{px}(t_x)$ ).
- Рассчитать натяжения нагруженного несущего троса в зависимости от температуры - ( $T_{px}(t_x)$ ).
- Рассчитать стрелы провеса контактного провода  $f_x(t_x)$  и несущего троса  $F_x(t_x)$  в зависимости от температуры.
- Рассчитать вертикальные перемещения контактного провода  $\Delta h_x$  у опор для одного любого действительного пролета анкерного участка.
- По п. 6, 7, 8 и 9 построить монтажные кривые (рис. 24.) и по ним составить монтажную таблицу (табл. 3).
- Определить натяжения несущего троса при дополнительных нагрузках ( $T_r$  и  $T_b$ ) и полученные результаты нанести на график (рис. 24.).

Рис. 24. Монтажный график



Расчет натяжений несущего троса в зависимости от температуры производится для  $l_3$ , а стрелы провеса несущего троса и контактного провода для трех наиболее часто встречающихся в анкерном участке действительных пролетов.

На основании монтажного графика составляется монтажная таблица.

Таблица 3

Монтажная таблица

1, м	Параметры	Значения параметров, см, при температуре °С				
		-40	-20	0	20	40
60	$F_x$					
	$f_x$					
	$\Delta h_x$					
55	$F_x$					
	$f_x$					
	$\Delta h_x$					
-	$T_x$ , даН					

### Подбор опор

Для сооружения контактной сети на станции и перегоне следует применять, как правило, железобетонные опоры С, С0, СС [4, табл. 8.9]. Металлические опоры типа М применяются только при необходимости осуществить переход (переброс) воздушных питающих или линий ДПР через контактные подвески и, в крайнем случае, при анкеровках трех или более контактных подвесок на одну опору.

В курсовом проекте необходимо подобрать типовые консольные (промежуточную, переходную, анкерную и фиксирующую) опоры, а также опоры для стоек жестких поперечин.

Консольные железобетонные опоры подбираются в следующем порядке:

- вычерчивается расчетная схема со всеми нагрузками и размерами [4, рис. 8.9.];
- определяются величины усилий от внешних нагрузок (провода, арматура, гололед, ветровые нагрузки и др.) при расчетных режимах;
- определяются суммарные моменты при расчетных режимах;
- по наибольшему суммарному моменту выбирается тип опоры [4, табл. 8.9.].

Для удобства расчета составляется таблица линейных нагрузок для всех расчетных режимов ( $t_{min}$ ,  $t_g$ ,  $t_v$ ) по форме табл. 4.

Таблица 4

Линейные нагрузки расчетных режимов

Вид нагрузки	Значения нагрузок при режимах		
	минимальной температуры	гололеда с ветром	максимального ветра

Натяжения проводов ВЛ, располагаемых на опорах контактной сети принимать по табл. 5.

Таблица 5

Натяжения проводов ВЛ для расчетных режимов

Расчетный режим	Натяжение одного провода, кН	
	АС-35/6,2 (ДПР)	АС-50/8 (ЛЭП-10 кВ)
Минимальная температура	4,0	5,0
Гололед с ветром	2,8	4,0
Максимальный ветер	2,2	3,0

Силу тяжести консоли принять 0,5 кН при изолированных консолях и 0,6 кН - при неизолированных, а с гололедом - в два раза больше.

Силу тяжести кронштейна в условиях гололеда для проводов ДПР или ЛЭП-10 кВ можно принять 0,4 кН и 0,75 кН.

Железобетонные опоры для стоек жестких поперечин подбираются, исходя из количества перекрываемых путей и соответствующего типа ригеля (табл. 6).

Таблица 6

Тип опор в зависимости от числа перекрываемых путей и типа ригеля

Число перекрыва- емых путей	Тип ригеля	Опоры каждой стойки (без анкеровки)
3	П15-17,7	С, СО 136,6-1
	П15-22,5	С, СО 136,6-1
4	П22-29,1	С, СО 136,6-2
5	П26-30,3	С, СО 136,6-2
6	П33-34,0	С, СО 136,6-3
	П33-39,2	С, СО 136,6-3
7	П43-39,2	2С, 2СО 136,6-2
	П43-44,2	2С, 2СО 136,6-3
8	П54-44,2	2С, 2СО 136,6-3

Примечание: если опора жесткой поперечины является и анкерной, то при изгибающем моменте до 2,5 кН.м должна устанавливаться не менее второй несущей способности, а при более 2,5 кН.м – третьей несущей способности.

Типы консолей и фиксаторов для проектируемого участка (станция, перегон) выбираются без расчетов в зависимости от назначения, габарита и условий работы по [4,5].

### Составление ведомости необходимого оборудования и материалов

После завершения работы над планами контактной сети станции и перегона составляется ведомость, на основании которой делается заказ на оборудование и материалы для последующего сооружения контактной сети электрифицируемого участка по форме табл. 7

## Ведомость оборудования и материалов

Номер п/п	Наименование оборудо- вания и материалов	Единица измерения	Количество	Примечание

## 1. Определение общей стоимости контактной сети запроектированного участка

Общая стоимость контактной сети станции и перегона может определяться по укрупненным показателям по формуле

$$C = c_1 L_1,$$

где  $C$  - общая стоимость контактной сети, тыс.руб.;  $c_1$  - стоимость одного километра контактной сети развернутой, эксплуатационной или приведенной длины, тыс. руб.;  $L_1$  - развернутая, эксплуатационная или приведенная длина контактной сети, км.

## Варианты цепных подвесок переменного тока

Вариант	Цепная подвеска на главных путях станции и перегона
0	ПБСМ-70+МФ-100
1	ПБСМ-95+МФ-100
2	ПБСМ-70+МФ-150
3	М-95+МФ-100
4	М-120+МФ-100
5	М-120+МФ0-100
6	М-95+МФ0-100
7	ПБСМ-95+МФ0-100
8	ПБСМ-70+МФ0-100
9	

Примечания: 1. На перегоне цепная подвеска одинарная, компенсированная, полукосая на прямых и вертикальная - на кривых участках пути с рессорными струнами. 2. На станции на главном пути цепная подвеска полукомпенсированная с рессорным тросом, на боковых путях - полукомпенсированные подвески ПБСМ-70+МФ-85 со смещенными струнами. 3. Вариант подвески выбирается по последней цифре шифра.

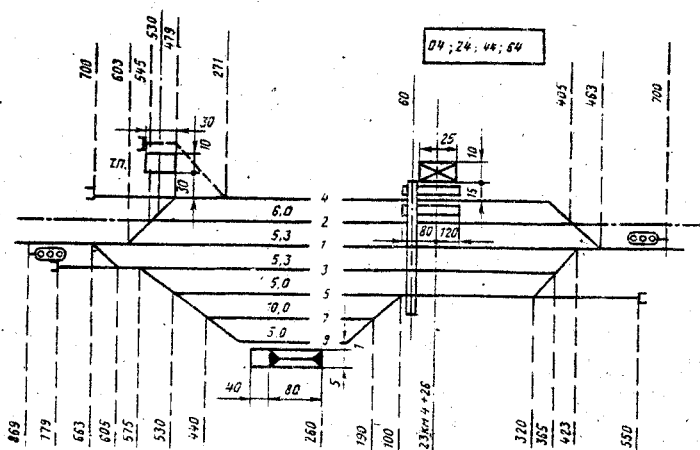
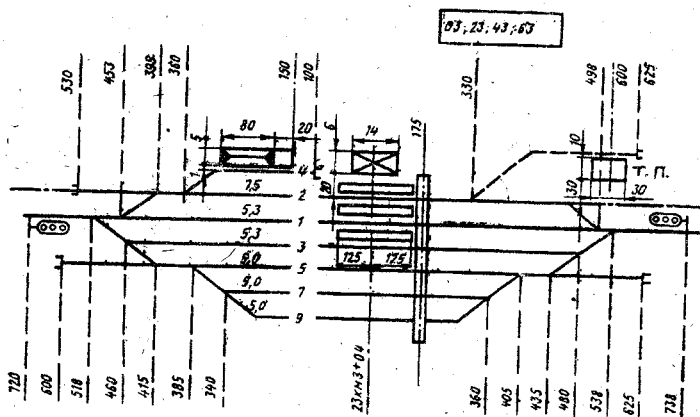


## Климатические условия и другие данные

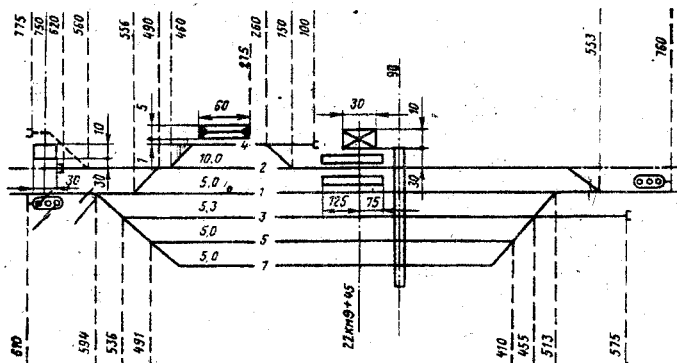
Параметры	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Низшая температура, °С	-50	-40	-30	-45	-35	-40	-50	-30	-45	-35
Высшая температура, °С	40	40	40	40	40	35	35	35	35	35
Максимальная расчетная скорость, м/с	26	28	31	33	34	32	30	35	27	29
Расчетная скорость ветра при гололеде, м/с	20	17	20	20	21	20	18	21	20	15
Толщина стенки гололеда, мм	15	10	15	10	15	10	15	10	15	0
Максимальная скорость движения, км/ч	140	150	160	170	180	140	150	160	170	180

Примечания: 1. Температура гололедных образований  $-5^{\circ}\text{C}$ ; 2. Температура  $U_{\max} +5^{\circ}\text{C}$ ; 3. Для всех вариантов принять гололед цилиндрической формы с плотностью  $0,9\text{ г/см}^3$ ; 4. Вариант выбирается по предпоследней цифре шифра студента.



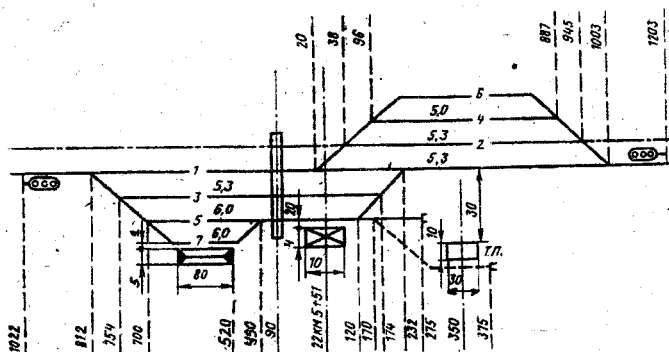


05; 25; 45; 65



Высота пешеходного настила 7,2 м; ширина 5 м

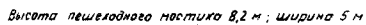
06; 26; 46; 66



Высота пешеходного настила 6,8 м; ширина 6 м

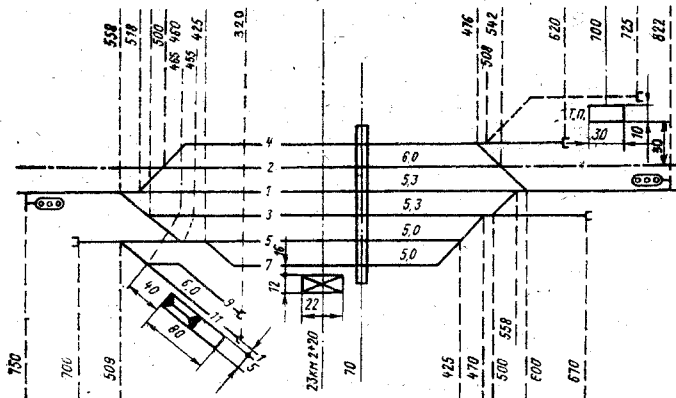
The drawing shows a cross-section of a road with a 10.5m wide road surface and a 15m wide sidewalk. The road surface has a 3% cross-slope. The sidewalk has a 15m width and a 20m wide shoulder. The drawing includes elevation markers (e.g., 700, 520, 478, 420, 366, 300, 22m 9-27) and a detailed view of the road surface and drainage system.

44



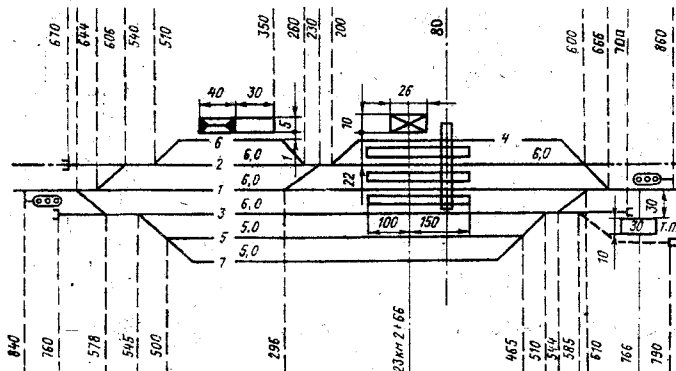


73; 33; 53; 73



Высота пешеходного мостика 7 м ; ширина 5 м

14, 34, 54, 74

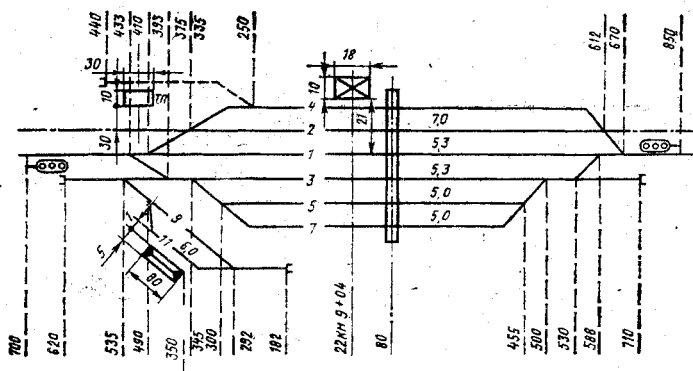


Высота пешеходного мостика 8,3; ширина 5 м



[illegible]

16; 36; 56; 76



48

Technical drawing of a bridge structure, showing a plan view and a cross-section. The drawing includes dimensions and labels.

**Plan View Dimensions (Left Side):**

- 842
- 734
- 672
- 562
- 510
- 346
- 262
- 152

**Plan View Dimensions (Right Side):**

- 250
- 528
- 650
- 680
- 700
- 842

**Cross-Section Dimensions (Top):**

- 80
- 40
- 5
- 16
- 10
- 30
- 10
- 70

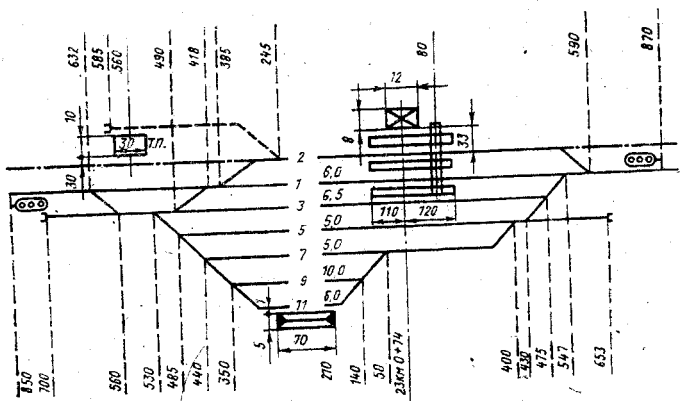
**Cross-Section Dimensions (Bottom):**

- 60
- 15.0
- 5.5
- 5.3
- 5.0
- 5.0
- 7

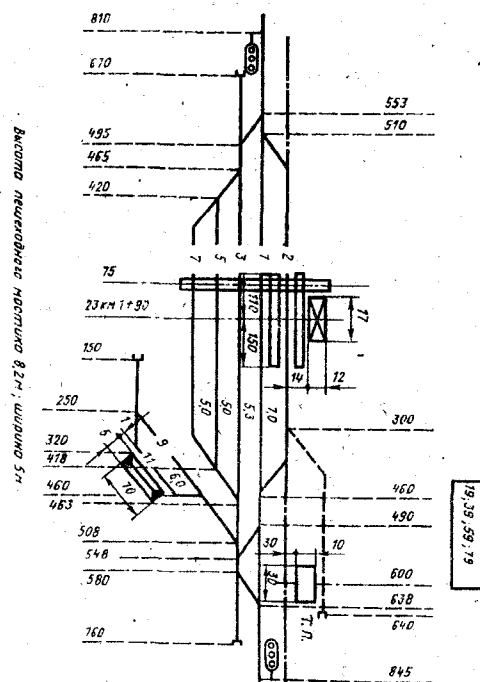
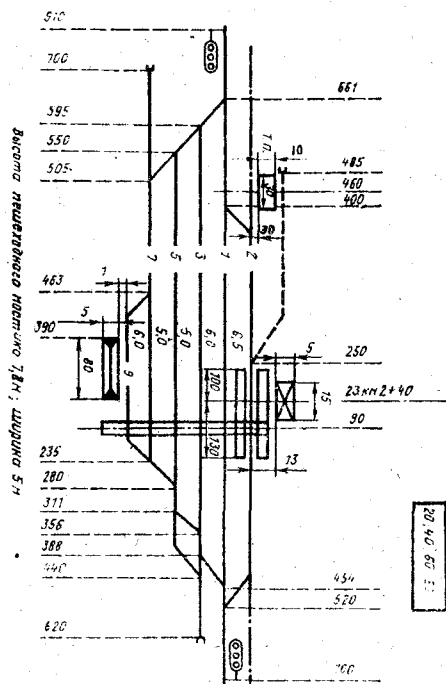
**Other Dimensions and Labels:**

- 23+40+00
- 90
- 455
- 500
- 558
- 600
- 670

18, 38, 58, 78



49



# ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Сигналы, сооружения и кривые	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Входной сигнал заданной станции "О"	23 км 8+35	23 км 9+38	23 км 8+42	23 км 9+44	23 км 7+05	23 км 7+54	24 км 0+35	24 км 0+42	24 км 1+26	23 км 9+4
Начало кривой R=600м центр слева по ходу километров	24 км 0+48	24 км 2+60	24 км 2+17	24 км 1+72	24 км 9+92	24 км 0+27	24 км 1+75	24 км 3+32	24 км 4+20	24 км 2+3
Конец кривой	3+27	4+82	5+38	4+27	3+27	4+29	4+28	6+18	6+75	5+1
Ось каменной трубы с отверстием 1,1 м	4+50	5+16	5+94	4+96	3+82	5+06	8+15	7+05	6+96	6+1
Начало кривой R=850 м, центр справа	4+88	5+29	7+37	5+95	5+16	5+38	9+38	7+63	8+20	8+77
Конец кривой	25 км 3+87	25 км 2+62	25 км 4+64	25 км 4+37	25 км 3+55	25 км 4+20	25 км 3+11	25 км 5+34	25 км 2+34	25 км 4+28
Мост через реку с ез- дой понизу	5+16	4+11	7+27	6+29	6+20	5+85	6+28	7+46	6+05	5+30
пикет оси моста										
длина моста в м	125	150	130	145	135	140	120	115	120	130

Сигналы, сооружения и кривые	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Ось железобетонной трубы с отверстием 3,5 м	7+08	6+20	9+09	8+85	7+85	6+92	8+08	8+70	7+60	7+11
Начало кривой R=1000 м, центр справа	8+20	7+65	26 км 0+22	26 км 2+06	8+37	7+15	26 км 1+24	9+90	8+34	26 км 0+18
Конец кривой	26 км 0+95	26 км 2+15	4+30	4+76	26 км 3+12	26 км 2+28	5+35	26 км 1+27*	26 км 2+34	4+27
Входной сигнал следующей станции	5+21	6+54	7+27	7+70	4+77	5+64	8+48	4+90	6+12	6+73
Ось переезда шириной 6м	5+94	7+54	7+94	9+37	5+54	6+15	9+11	5+48	6+88	7+25
Первая стрелка следующей станции	6+88	8+15	9+55	9+95	6+25	7+11	27 км 0+35	6+37	7+94	0+30

Примечания. 1. Высота моста через реку 6,5 м (расстояние от головки рельса до нижней час ветровых связей моста). 2. Справа по ходу километров предполагается укладка 2-го пути. 3. На расстоянии 300 м по обе стороны моста путь расположен на насыпях высотой 7 м.

Вариант перегона выбирается по следующей схеме: ось пассажирского здания на станции варианта 01 находится на 23 км 1+25. Нужно к этой цифре прибавить пикет светофора справ - 710 получим 23 км 8+35. По этой цифре из таблицы выбирается вариант для вычерчивания перегона, где входной сигнал станции Вашего варианта имеет 23 км 8+35 (вариант 1).

Второй пример. Станция 19

23 км 1+90  
+8+45

-----  
24 км 0+35

Перегон по варианту.

**Условные графические обозначения  
в схемах питания и секционирования и планах контактной сети  
и высоковольтных линий железных дорог**

Приведенные в выпуске условные графические обозначения (табл. 1и2) предназначены для применения в схемах питания и секционирования контактной сети и ВЛ, а также на планах указанных устройств в хозяйстве электроснабжения железных дорог.

Применяемые термины представлены в стандартизированной форме.

Условные обозначения обязательны для применения всеми организациями и отдельными лицами, разрабатывающими документацию для хозяйства электроснабжения МПС РФ, включая учебно-методические материалы.

Условные обозначения светофоров и сигнальных знаков принимаются по "Инструкции по сигнализации на железных дорогах Российской Федерации."

Условные графические обозначения и изображения искусственных сооружений на схемах и планах принимаются по ГОСТ 21.204-93 "Условные графические обозначения и изображения элементов генеральных планов и сооружений транспорта".

В случаях, когда план контактной сети наложен на топографический план, условные графические обозначения, принятые для топографических планов, сохраняются.

В приложениях в качестве примера приведен фрагмент схемы питания и секционирования контактной сети.

Таблица 1

















**Условные графические обозначения  
устройств контактной сети**

НОИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
1. Подвеска контактная рабочая	
2. Подвеска контактная в нерабочей части	
3. Путь незлектрифицированный	
4. Линия усиливающая	
5. Линия питающая	
6. Линия воздушная отсасывающая	
7. Провод питания системы 2х25 кВ	
8. Линия обратного тока	
9. Провод экранирующий	
10. Магистраль группового заземления	
11. Провод волноводный	
12. Опора железобетонная:	
а) общее обозначение	
б) консольная	
в) фиксирующая	
г) анкерная с одинарной оттяжкой	
д) анкерная с двойной оттяжкой	
13. Опора металлическая.	
общее обозначение	

Наименование	Обозначение
14. Двухпутная консоль на металлической опоре	
15. Поперечина жесткая на железобетонных опорах:	
а) одиночных	
б) двойных	
16. Поперечина гибкая на металлических опорах	
17. Изолятор врезной или гирлянда изоляторов	
18. Изолятор секционный	
19. Сопряжение изолирующее анкерных участков на схемах питания и секционирования	
20. Нейтральная вставка из изолирующих соединений на схемах питания и секционирования	
21. Анкеровка жесткая:	
а) контактного провода или воздушной линии	
б) несущего троса	
в) цепной подвески	
22. Анкеровка компенсированная:	
а) контактного провода	
б) несущего троса	
в) цепной подвески	

Наименование	Обозначение
23. Анкеровка полукompенсированная цепной подвески	
24. Анкеровка средняя компенсированная цепной подвески	
25. Анкеровка средняя полукompенсированная цепной подвески	
26. Соединитель электрический на сопряжении без секционирования для плашки гололеда и профилактического подогрева проводов	
27. Длина, м, и номер анкерного участка а) для главных путей  б) для станционных путей и съездов	 
28. Зигзаг контактного провода нормальный	
29. Зигзаг контактного провода, отличающийся от нормального, см	
30. Длина пролета, м, номера опор, направления зигзага контактного провода	
31. Пересечение проводов на стрелке а) одинарное  б) двойное	 
32. Соединитель электрический поперечный	



Наименование	Обозначение	
33. Разъединитель однополюсный с ручным приводом: а) нормально включенный		
б) нормально отключенный		
34. Разъединитель двухполюсный с ручным приводом: а) нормально включенный	1) 	2) 
б) нормально отключенный		
35. Разъединитель с ручным приводом и заземляющим ножом: а) нормально включенный		
б) нормально отключенный		
36. Разъединитель однополюсный с электродвигательным приводом: а) нормально включенный		
б) нормально отключенный		
37. Разъединитель двухполюсный с электродвигательным приводом: а) нормально включенный	1) 	2) 
б) нормально отключенный	1) 	2) 
Примечания		
1. Риски у обозначения разъединителя поз. 34 и 37 п. 1 указывают число полюсов;		
2. Условные обозначения поз. 34 и 37 п. 2 используют при изображении ВЛ двумя линиями		




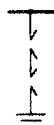
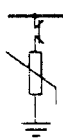

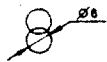
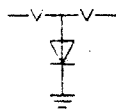

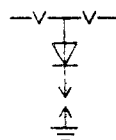
Наименование	Обозначение
38. Разъединитель с телеуправлением	 
а) нормально включенный	
б) нормально отключенный	
39. Разрядник роговой с двумя разрывами	
40. Ограничитель перенапряжения	
41. Отсасывающий трансформатор	 
42. Заземлитель диодный	
43. Промехуток искровой	
44. Заземлитель диодный с искровым промежутком	

Таблица 2

**Условные графические обозначения линий  
и устройств электроснабжения  
нетяговых потребителей**


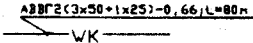



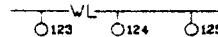
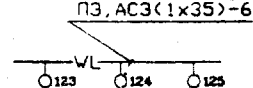




Наименование	Обозначение
<p>1. Линия кабеленая в троншее:</p> <p>Примечание - Указывают на линии-выноске: марку и количество кабелей, число и сечение жил, при необходимости, напряжение, кВ, длину линии, м</p> <p>Пример - 2 кабеля АБВГ 1(3х50+1х25)-0,66/L=80м</p>	 
<p>2. Линия кабеленая в асбестоцементной трубе в троншее</p>	
<p>3. Линия электропередачи воздушная:</p> <p>а) общее обозначение</p>	
<p>б) на самостоятельных опорах:</p>	
<p>в) на опорах контактной сети</p>	
<p>Примечания</p> <p>1. При необходимости указывают обозначение линии:</p> <p>ВО - внутреннее освещение НО - наружное освещение ПО - прожекторное освещение ПИ - путевая электроинструмент СЗ - силовое электрооборудование АБ - автоблокировка ПЗ - продольное электроснабжение ДПР - два провода-рельс</p> <p>2. Указывают на линии-выноске: обозначение линии, марку и количество проводов, число и сечение жил, при необходимости, напряжение, кВ</p> <p>3. Указывают к пункту 3б: номера опор (3, 4, 5), расстояние между опорами (L); м</p> <p>Пример - Линия продольного электроснабжения 6 кВ, проложенная на опорах контактной сети тремя проводами АС1х35</p>	



Таблица 3

**Условные графические обозначения зданий и сооружений  
в схемах питания и секционирования контактной сети  
и продольных линий электроснабжения  
в схемах электрификации участка железной дороги**

Наименование	Обозначение
<p>1. Здание, сооружение:</p> <p>а) общее обозначение (указаны минимальные размеры) (указаны минимальные размеры)</p>	
<p>б) существующее (оставлено место для подписи)</p>	 или 
<p>в) реконструируемое</p>	
<p>Примечание - Для указания разновидности здания и сооружения в условном графическом обозначении приводят их буквенные обозначения:</p>	
<p>ЗЧ - дистанция электроснабжения</p>	
<p>ЗЧЗ - тяговая подстанция</p>	
<p>Примечание - При необходимости указывают напряжение в тяговой сети</p>	
<p>МП - монтерский пункт</p>	
<p>ППА - пункт питания автоблокировки</p>	
<p>ДПРЗ - дежурный пункт района электроснабжения</p>	
<p>ЭС - электростанция</p>	
<p>ЭСР - электростанция передвижная</p>	
<p>ПЗ - пассажирское здание</p>	
<p>ОП - остановочный пункт</p>	
<p>ПТП - тяговая подстанция передвижная</p>	
<p>АТП - автотрансформаторный пункт питания</p>	



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормы технологического проектирования электрификации железных дорог /ВНТП-81/МПС СССР. -М.: Транспорт, 1983. -56 с.
2. Нормы проектирования конструкций контактной сети /ВСН 141-84// Минтрансстрой. -М.: Министерство транспортного строительства, 1985. 170 с.
3. Правила технического обслуживания и ремонта контактной сети и воздушных линий /МПС СССР. -М.: Транспорт, 1981. -72 с.
4. Фрайфельд А.В. Проектирование контактной сети. -М.: Транспорт, 1977. -336 с.
5. Дворовчикова Т.В., Зимакова А.Н. Электроснабжение и контактная сеть электрифицированных железных дорог. Пособие по проектированию. -М.: Транспорт, 1989. -168 с.
6. СНиП IV-6-82. Приложение. Сборник расценок на монтаж оборудования. Сб.8. Электротехнические установки /Госстрой СССР. -М.: Строиниздат, 1983. -141 с.
7. Марквардт К.Г., Власов И.И. Контактная сеть. -М.: Транспорт, 1977. -271 с.
8. Горошков Ю.И., Бондарев Н.А. Контактная сеть. -М.: Транспорт, 1990. -399 с.
9. Справочник по электроснабжению железных дорог// Под ред. К.Г.Марквардта. -М.: Транспорт, 1981. -392 с.
10. Фрайфельд А.В., Бондарев Н.А., Марков А.С. Устройство, сооружение и эксплуатация контактной сети и воздушных линий. -М.: Транспорт, 1987. -336 с.
11. Марков А.С. Монтаж контактной сети железных дорог. Справочник. -М.: Транспорт, 1985. -240 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	4
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ НА ВЫПОЛНЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА .....	4
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	39
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	63





За порчу штрих-кода налагается штраф

Поз. 25  
План 1997г.

Валерий Николаевич Ли  
Николай Иванович Ворсов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНТАКТНОЙ СЕТИ  
Материальные указания на выполнение курсового проекта

\*\*\*

Редактор А.Н.Пивнева  
Корректор Г.Ф.Иванова  
Подписано в печать 19.12.97. ЛР № 021068. ПЛД №79-19.  
Печать офсетная. Бумага тип. № 2. Формат 60х84/16.  
Уч.-изд. л. 1,6. Уч.-изд. л. 5,7. Зак. 113. Тираж 125.  
Цена 14 000 р

\*\*\*

Издательство ДВГУПС  
680021 г. Хабаровск, ул. Серышева, 47.

ГОУ ВПО

Дальневосточный государственный университет путей сообщения  
Департамент Электроэнергетики

Кафедра «Электроснабжение  
транспорта»

Срок сдачи "24" 09 2000г. Студенту 642 группы  
Задание выдано "17" 12 2000г. Воскресенский А.В.

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ  
по дисциплине "Контактная сеть и ЛЭП"

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1. Номер варианта задания и схемы станций 66

1.2. На основании номера варианта задания установить по приведенной в 1-й таблице номера вариантов разделов задания, выписать соответствующие данные по всем разделам и перерисовать схему станции из приложения.

1.3. Индивидуальное задание \_\_\_\_\_

Консультант ИЗ

2. ОБЪЕМ ПРОЕКТА

При разработке проекта контактной сети станции участка железной дороги в соответствии с заданными условиями необходимо выполнять следующий объем работ:

2.1. Выбрать исходные данные для разработки курсового проекта согласно заданному номеру варианта задания и схемы станции из приложения.

2.2. Определить максимально допустимые длины пролетов:

- на главном пути станции;
- на остальных станционных путях;

2.3. Выбрать способ прохода контактной подвески под пешеходным мостиком, выполнив соответствующие расчеты и чертеж.

2.4. Составить схему питания и секционирования станции.

2.5. Выполнить трассировку контактной сети, питающих и других воздушных линий на станции.

2.6. Произвести расчет анкерного участка подвески на главном пути станции.

2.7. Подобрать типовые опоры на станции и перегоне.

2.8. Составить ведомость основных материалов и оборудования, необходимых для сооружения контактной сети на заданном участке и определить общую стоимость контактной сети.

2.9. Разработать вопрос по технике безопасности (по индивидуальному заданию).

2.10. Выводы по результатам выполненной работы.

## 2. ОФОРМЛЕНИЕ ПРОЕКТА

Выполненный проект должен включать:

3.1. Расчетно-пояснительную записку с включением указанных выше разделов.

3.2. Графическая часть проекта:

3.2.1. План контактной сети и воздушных линий на станции со спецификациями анкерных участков, опор и ригелей; схема прохода контактной подвески под пешеходным мостиком.

3.2.2. Схема питания и секционирования.

3.2.3. Монтажные графики для расчетного анкерного участка.

3.2.4. Расчетные схемы приложения к опоре нагрузок.

3.2.5. Графики, схемы и чертежи по индивидуальному заданию.

Примечания: 1. Расчет всего проекта или отдельных его разделов может быть выполнен на ЭВМ с обязательным приложением программ и результатов расчетов.

2. Чертежи и графики необходимо сложить по правилам ГОСТ и объединить их с пояснительной запиской.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ли В.Н., Ворсов В.И. Методические указания к курсовому проекту по дисциплине "Контактная сеть". ХаБииЖТ. 1988.

2. Марквардт К.Г., Власов И.И. Контактная сеть. Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Транспорт. 1996. 272 с.

3. Фрайфельд А. В. Проектирование контактной сети. - М.: Транспорт. 1978. 304 с.

4. Дворовчикова Т.В. Электроснабжение и контактная сеть электрифицированных железных дорог. /Учебное пособие. Транспорт. 1989.