Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Управление учебных заведений и правового обеспечения

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
«Учебно-методический центр по образованию
на железнодорожном транспорте»

КОНТАКТНАЯ СЕТЬ

дисциплина
(вариативная часть)

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ МОДУЛЬ
ПМ.01. Техническое обслуживание оборудования
электрических подстанций и сетей

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических занятий

специальность 13.02.07
Электроснабжение (по отраслям)

базовая подготовка
среднего профессионального образования

Методическое пособие по проведению практических занятий рассмотрено и одобрено Учебно-методическим советом Учебно-методического центра по образованию на железнодорожном транспорте по специальности **13.02.07** Электроснабжение (по отраслям) (на железнодорожном транспорте).

Председатель УМС *Б.Г. Южаков*
19-20 ноября 2014г.

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

Рецензенты — *Т.П. Шелепо*, преподаватель Техникума РГУПС - структурного подразделения ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС)»;

Б.Г. Южаков, преподаватель Омского техникума железнодорожного транспорта – филиала ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС)»

Предложения и замечания просим направлять в филиал ФГБОУ «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

ФГБОУ «Учебно - методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014

Введение

Методическое пособие по выполнению практических занятий разработано в соответствии с требованиями ФГОС СПО и примерной программой раздела «Устройство и техническое обслуживание контактной сети» профессионального модуля **ПМ.01.** «Техническое обслуживание оборудования электрических подстанций и сетей» для специальности **140409** Электроснабжение (по отраслям) (на железнодорожном транспорте).

С целью овладения указанным видом профессиональной деятельности и соответствующими профессиональными компетенциями студент в ходе выполнения практических занятий должен:

иметь практический опыт:

- составления схем питания и секционирования контактной сети;
- составления монтажных планов контактной сети;
- технического обслуживания устройств контактной и тяговой сети;
- применения инструкций и нормативных правил при составлении отчетов и разработке технологических документов;

уметь:

- разрабатывать схемы питания и секционирования, планы контактной сети;
- вносить изменения в схемы при реконструкции и модернизации контактной сети;
- обеспечивать проведение работ по обслуживанию оборудования контактной сети, тягового и нетягового электроснабжения;
- контролировать состояние воздушных и кабельных линий, организовывать и проводить работы по их техническому обслуживанию;
- использовать нормативную техническую документацию и инструкции;
- выполнять механические расчеты контактных подвесок, рассчитывать и выбирать оборудование;
- оформлять отчеты о проделанной работе;

знать:

- устройство контактной сети;
- устройство тяговой сети;
- условные графические обозначения элементов электрических схем;
- логику построения схем и планов контактной сети, типовые схемные решения, принципиальные схемы эксплуатируемых электроустановок;
- виды и технологии работ по обслуживанию оборудования контактной сети;
- эксплуатационно-технические основы линий электропередач, виды и технологии работ по их обслуживанию;
- основные положения правил технической эксплуатации контактной сети;
- основные положения правил техники безопасности при эксплуатации контактной сети;
- виды технологической и отчетной документации, порядок ее заполнения.

Практические занятия проводятся после изучения теоретического материала по соответствующей теме и способствуют лучшему пониманию материала дисциплины. Выполнение практических занятий основано на применении знаний, полученных при изучении дисциплин ОП.01 «Инженерная графика», ОП.02 «Электротехника и электроника», ОП.04 «Техническая механика», ОП.05 «Материаловедение», ОП.09 «Охрана труда», ОП.13 «Техническая эксплуатация железных дорог» и профессиональных модулей МДК.01.01 «Устройство и техническое обслуживание сетей электроснабжения» и МДК.03.01 «Безопасность работ при эксплуатации и ремонте оборудования устройств электроснабжения».

Цель данного методического пособия:

- помочь студентам закрепить знания, полученные при изучении теоретического материала, подготовиться к самостоятельному выполнению и правильному оформлению практических занятий;

- оказать помощь преподавателям в организации учебного процесса по дисциплине в целом, к проведению практических занятий, их проверке и оценке.

В ходе выполнения практических занятий студенты приобретают практические навыки по проверке состояния и регулировке отдельных узлов контактной сети, навыки использования технической литературы.

В соответствии с примерной программой дисциплины Контактная сеть (вариативная часть) студенты специальности **13.02.07** Электроснабжение (по отраслям) (на железнодорожном транспорте) должны выполнить 30 практических занятий, предложенных в методическом пособии. Количество и содержание практических занятий по данной дисциплине выбирается преподавателем по согласованию с цикловой комиссией в пределах часов, предусмотренных учебным планом данной специальности.

Для каждого занятия описаны: цель занятия, исходные данные, краткие теоретические сведения, порядок выполнения, содержание отчета, контрольные вопросы для проверки усвоения знаний; представлен список рекомендуемой литературы.

В процессе подготовки к практическим занятиям необходимо заранее ознакомиться с порядком их выполнения. Для экономии времени, грамотного и качественного выполнения занятий преподавателям рекомендуется разработать бланки отчетов или рабочие тетради. Отчеты о проделанной работе оформляются в соответствии с правилами и требованиями образовательного учреждения и с соблюдением требований ЕСКД и ГОСТов. Занятия рекомендуется проводить в учебных кабинетах и на полигоне контактной сети.

Для выполнения занятий в аудитории «Контактная сеть» необходимо иметь основные элементы контактной сети или их макеты, стенды, необходимые плакаты, фотографии, измерительные и регулировочные инструменты.

В ряде работ для лучшего запоминания и усвоения материала предлагается изображать отдельные узлы контактной сети, описывать их назначение и требования к ним.

При выполнении практических занятий студенты должны пользоваться справочной, нормативной и технической литературой.

Следует обращать внимание на мероприятия по технике безопасности, обеспечивающие безопасность производства работ по техническому обслуживанию и ремонту устройств контактной сети.

Методическое пособие носит рекомендательный характер. Формы и методы проведения практических занятий могут совершенствоваться.

Инструктаж по охране труда

Студенты допускаются к выполнению практических занятий после проведения преподавателем инструктажа по охране труда.

1. Запрещается прикасаться к токоведущим участкам схем, находящимся под напряжением.

2. Все переключения в схемах производить только при выключенном питании.

3. Вся аппаратура, используемая на рабочем месте, должна быть надежно заземлена.

4. Запрещается пользоваться приборами и оборудованием, не подлежащим применению в выполняемой работе, и переносить приборы с одного рабочего места на другое.

5. При выполнении практических занятий на учебном полигоне запрещается:

– переходить стрелочные переводы, оборудованные электрической централизацией, в местах расположения остряков;

– становиться или садиться на рельсы, электроприводы, путевые коробки, вагонные замедлители и другие напольные устройства;

– становиться между остряком и рамным рельсом, подвижным сердечником и усовиком, между остряком и стойкой крепления закладки, в желоба на стрелочном переводе и на концы железобетонных шпал.

6. При работах на стрелочных переводах необходимо вставлять деревянный вкладыш между рамным рельсом и отжатым остряком, а на крестовинах с подвижным сердечником между сердечником и усовиком. По окончании работ вкладыш должен быть удален.

7. Выполнение работ на высоте (студент находится на расстоянии менее 2 м от неогражденных перепадов по высоте 1,3 м и более над уровнем земли, пола, площадки), над которыми производятся работы непосредственно с конструкций или оборудования при их монтаже или ремонте) следует производить [7]:

– с приставных лестниц, съемных монтажных вышек;

– специально оборудованных подставок

Работы должны производиться с обязательным применением предохранительного пояса и каски. Предохранительный пояс и страховочный канат должны осматриваться перед каждым применением и испытываться через каждые шесть месяцев. Предохранительный пояс должен быть надет поверх одежды, правильно расположен и закреплен на пряжке. Запрещается стоять или проходить под лестницей, на которой находится студент.

8. Запрещается сбрасывать материал, инструмент и другие предметы с высоты на землю, передавать их подбрасыванием.

Практическое занятие №1
Выбор типа контактной подвески

Цель занятия: приобрести практические навыки при выборе типа и схемы контактной подвески в зависимости от заданных условий.

Исходные данные: Исходные данные выбираются из таблицы 1 согласно положению фамилии студента в журнале.

Таблица 1. Исходные данные

Вариант	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Скорость движения поездов	70	90	120	140	160	70	90	120	140	160
Количество контактных проводов	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Особенности климатических условий	ветер	гололед	гололед	ветер	ветер	гололед	гололед	гололед	ветер	гололед

Краткие теоретические сведения

В цепных контактных подвесках контактный провод подвешивают к несущему тросу, закрепленному на поддерживающих устройствах, с помощью струн, либо через рессорную струну.

В любой цепной подвеске стрела провеса несущего троса изменяется при воздействии на него дополнительных нагрузок (например, от гололеда), при этом изменяет свое высотное положение и контактный провод.

Имеется несколько конструктивных мероприятий, с помощью которых изменение стрелы провеса контактного провода в пролете можно сделать меньшим, чем изменение стрелы провеса несущего троса. Если выполнить цепную подвеску так, что несущий трос не будет при изменении температуры окружающего воздуха изменять свою стрелу провеса, то и положение контактного провода в пролете по высоте будет постоянным, такая контактная подвеска называется компенсированной.

Все конструкции цепных подвесок в зависимости от *способа подвешивания контактного провода* к несущему тросу разделяют на: одинарные цепные подвески, в которых контактные провода подвешивают на струнах непосредственно к несущему тросу и к рессорной струне, и двойные, где к

несущему тросу подвешивают на струнах вспомогательный провод, к которому крепят контактные провода [5, рис. 1.3].

В зависимости от *способа регулирования натяжения проводов* цепная подвеска может быть [5, рис. 1.4]:

некомпенсированной, когда контактный провод и несущий трос закрепляют (анкеруют) жестко и нет устройств для автоматического регулирования их натяжения. Разновидностью такой подвески является цепная подвеска, имеющая в контактном проводе приспособления для сезонного регулирования их натяжения;

полукомпенсированной, в которой только часть проводов снабжена устройствами для автоматического регулирования натяжения – компенсаторами.

компенсированной, в которой все провода снабжены общими или отдельными для каждого провода компенсаторами.

По *взаимному расположению проводов*, образующих цепную подвеску, в плане различают:

вертикальную цепную подвеску, когда несущий трос и контактные провода расположены в одной вертикальной плоскости;

косую цепную подвеску, когда несущий трос в плане значительно (угол наклона струн к вертикали в плоскости, перпендикулярной оси пути, превышает 20^0) смещен относительно контактного провода. Косая подвеска обладает повышенной ветроустойчивостью по сравнению с вертикальной подвеской, однако монтаж и эксплуатация ее значительно сложнее [5, рис. 1.6., 1.7., 1.8].

На российских электрифицированных железных дорогах зигзаг контактного провода от оси пути (при расчетном беспровесном положении) принят равным 300 мм. Зигзаги, направленные от опор, называют плюсовыми, а к опорам – минусовыми. Двойные контактные провода в точках фиксации располагают на расстоянии 40-60 мм один от другого.

В зависимости от *типа струн и их расположения* у опор цепная подвеска может быть [5, рис. 3.18]:

с простыми вертикальными струнами, когда струны устанавливают не далее 1-2 м от опор;

со смещенными простыми вертикальными струнами, когда струны удалены от опор более чем на 2м; в одинарной подвеске опорные простые струны устанавливают обычно на расстоянии 4-5м от опоры, в двойной – на расстоянии 5-9м;

рессорной, когда струны контактного провода (или вспомогательного провода – в двойных проводах) закреплены на рессорной струне (тросе).

Тип контактной подвески для перегонов и станций определяется проектом в зависимости от принятой скорости движения поездов, общей площади сечения проводов контактной сети, климатических и других местных условий, а также особенностей электроподвижного состава (ЭПС).

При выборе цепной контактной подвески по типу и расположению струн у опор и определении способа анкеровки проводов цепной контактной подвески необходимо учитывать скорости движения поездов по данному участку и то, что чем выше скорость движения поездов, тем большей эластичностью должна обладать цепная контактная подвеска.

Выбор типа контактной подвески для максимальной заданной скорости движения поездов производят с учетом возможного в перспективе увеличения весовых норм и скоростей движения поездов на рассматриваемом участке.

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

На главных и приемо-отправочных путях, по которым предусматривается безостановочный пропуск поездов со скоростью до 120 км/ч, допускается использование полукомпенсированной рессорной подвески КС-120 или компенсированной КС-140.

На главных путях перегонов и станций при скорости движения поездов более 120 (до 160) км/ч применяют, как правило, компенсированную рессорную подвеску с одним или двумя контактными проводам КС-160. На действующих электрифицированных линиях допускается до обновления или реконструкции эксплуатация полукомпенсированных рессорных подвесок КС-120 с сочлененными фиксаторами при скорости движения поездов до 40 км/ч и компенсированных рессорных подвесок КС-140 — 160 км/ч.

Порядок выполнения

1. Описать порядок выбора цепной контактной подвески.
2. Выбрать тип цепной контактной подвески по способу подвешивания и способу регулирования натяжения в проводах, зарисовать выбранный тип.
3. Выбрать тип контактной подвески по способу расположения проводов контактной подвески в плане относительно оси пути и зарисовать его.
4. Выбрать тип контактной подвески по типу струн у опор, зарисовать его.
5. Дать описание цепных контактных подвесок для пропуска скоростных поездов.

Содержание отчета

1. Описание порядка выбора цепной контактной подвески.
2. Описание выбора типа цепной контактной подвески по способу подвешивания и способу регулирования натяжения в проводах.
3. Описание выбора типа контактной подвески по способу расположения проводов контактной подвески в плане относительно оси пути.
4. Описание выбора типа контактной подвески по типу струн у опор.
5. Описание цепных контактных подвесок для пропуска скоростных поездов.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Где может применяться простая контактная подвеска?
2. Для чего применяется несущий трос?
3. Для чего необходим зигзаг контактного провода?
4. Почему несущий трос можно монтировать без зигзага?

5. Какие преимущества у полукомпенсированной подвески при образовании гололёда на провода контактной сети?

Практическое занятие № 2
Подбор деталей и материалов для узлов контактной сети

Цель занятия: научиться практически выбирать детали для заданной цепной контактной подвески.

Исходные данные: тип цепной контактной подвески, узел цепной контактной подвески (задаются преподавателем согласно таблицам 2, 3).

Таблица 2. Типы цепных контактных подвесок

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

Таблица 3. Узел цепной контактной подвески

Номер варианта	Узел цепной контактной подвески
1	Анкеровка компенсированной цепной контактной подвески на перегоне (рис.1).
2	Анкеровка полукомпенсированной цепной контактной подвески на боковых путях на станции (рис. 2).
3	Средняя анкеровка компенсированной цепной контактной подвески для перегона (рис. 3)
4	Средняя анкеровка полукомпенсированной цепной контактной подвески боковых путей станции (рис.3)

5	Крепление несущего троса на неизолированной консоли и на жесткой поперечине (рис. 4, 5).

Краткие теоретические сведения

Электрические соединители служат для обеспечения надежного контакта проводов во всех случаях, когда требуется обеспечить их параллельное соединение или непрерывность сечения вдоль электрифицированной линии, а также для обеспечения протекания тока по всем проводам.

Различные электрические соединения и шлейфы, предназначенные для подключения секционных разъединителей, разрядников и других аппаратов к проводам контактной сети, стыковые электрические соединители рельсовой цепи выполняют из медных гибких неизолированных многопроволочных проводов марки МГ.

Провода МГ свивают из нескольких прядей, свитых, в свою очередь, из нескольких тонких медных проволок диаметром 0,52—0,97 мм. Этим обеспечивается большая гибкость проводов МГ по сравнению с проводами марки М. Основные данные медных гибких неизолированных проводов МГ, применяемых в контактной сети, приведены в табл. 2.13 [5].

Звеньевые струны цепных подвесок изготавливают из сталемедной проволоки БСМ1 или БСМ2 диаметром 4 мм. Рессорные струны (тросы) выполняют из сталемедной проволоки диаметром 6 мм. Основные данные биметаллических сталемедных проволок приведены в табл. 2.14 [5].

Арматура контактных сетей представляет собой комплекс деталей, предназначенных для крепления конструкций, фиксации поводов и тросов, сборки различных узлов контактной сети. Арматура должна обладать достаточной механической прочностью, хорошей сопрягаемостью, высокой надёжностью и такой же коррозийной стойкостью, а для скоростного токосъёма – ещё и минимальной массой.

Все детали контактных сетей можно разделить на две группы: механическую и токопроводящую.

К первой группе относятся детали, рассчитанные на чисто механические нагрузки. К ней относятся: клиновой зажим, цанговый зажим для несущего троса, седла, коуши вилочные, ушки разрезные и неразрезные и т.п.

Ко второй группе относятся детали, рассчитанные на механические и электрические нагрузки. К ней относятся: цанговые стыковые зажимы для стыкования несущего троса, овальные соединители, стыковые зажимы для контактного провода, струновые, соединительные и переходные зажимы. По материалу изготовления детали арматуры делятся на чугунные (ковкий или серый чугун), стальные, из цветных металлов и их сплавов (медь, бронза, алюминий, латунь).

Изделия из чугуна имеют защитное антикоррозийное покрытие – горячее оцинкование, а из стали – электролитическое оцинкование с последующим хромированием.

Порядок выполнения

1. Выбрать материал и сечение проводов для простых и рессорных струн опорного узла цепной контактной подвески для главных путей станции.
2. Выбрать детали для заданного узла, пользуясь [9] и занести их в таблицу 4.
3. Выбрать деталь для стыкования контактного провода и соединения несущего троса и занести их в таблицу 4.

Таблица 4. Детали для узлов контактной подвески

Узел подвески, детали для узла.	Наименование детали	№ детали по каталогу	Материал детали	Примечание

4. Описать назначение и место установки продольных и поперечных электрических соединителей.

Содержание отчета

1. Описание выбора материала и сечения проводов для простых и рессорных струн опорного узла цепной контактной подвески для главных путей станции.
2. Описание выбора деталей для заданного узла цепной контактной подвески.
3. Описание выбора деталей для стыкования контактного провода и соединения несущего троса.
4. Формулировка назначения продольных и поперечных электрических соединителей и места их установки.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какие нагрузки воспринимают детали контактной сети?
2. Объясните назначение и виды электрических соединителей.
3. Какими способами можно сделать эластичность цепной контактной подвески равномерной?
4. Почему для несущих тросов можно применять материалы, не обладающие высокой проводимостью?
5. Сформулируйте понятия назначения и типов средних анкеровок.
6. От чего зависит способ крепления несущего троса на поддерживающей конструкции?

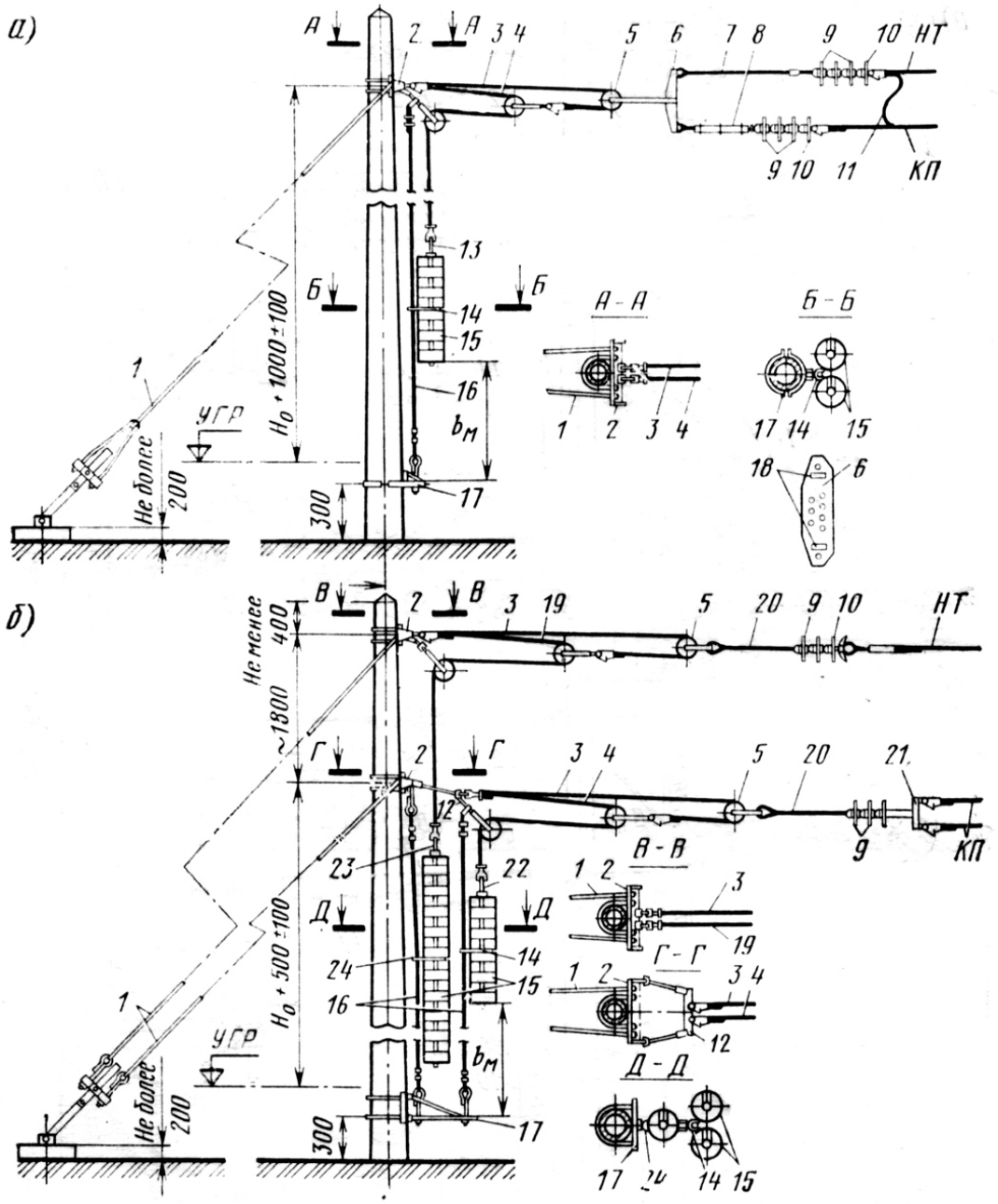


Рисунок 1. Анкеровка компенсированной цепной контактной подвески переменного (*а*) и постоянного (*б*) тока:

1- оттяжка анкерная; 2- кронштейн анкерный; 3, 4, 19 – трос компенсатора стальной диаметром 11 мм длиной, соответственно, 10, 11, 13 м; 5- блок компенсатора; 6- коромысло; 7- штанга «ушко-двойное ушко» длиной 150 мм; 8- пластина регулиовочная; 9- изолятор с пестиком; 10- изолятор с серьгй; 11- электрический соединитель; 12- коромысло с двумя штангами; 13, 22- хомут, соответственно, для 25-30 грузов; 15- груз железобетонный; 16- трос ограничителя грузов; 17- кронштейн ограничителя грузов; 18- монтажные отверстия; 20- штанга «пестик-ушко» длиной 1000 мм; 21- коромысло для крепления двух контактных проводов; 23- штанга для 15 грузов; 24- ограничитель для одинарной гирлянды грузов.

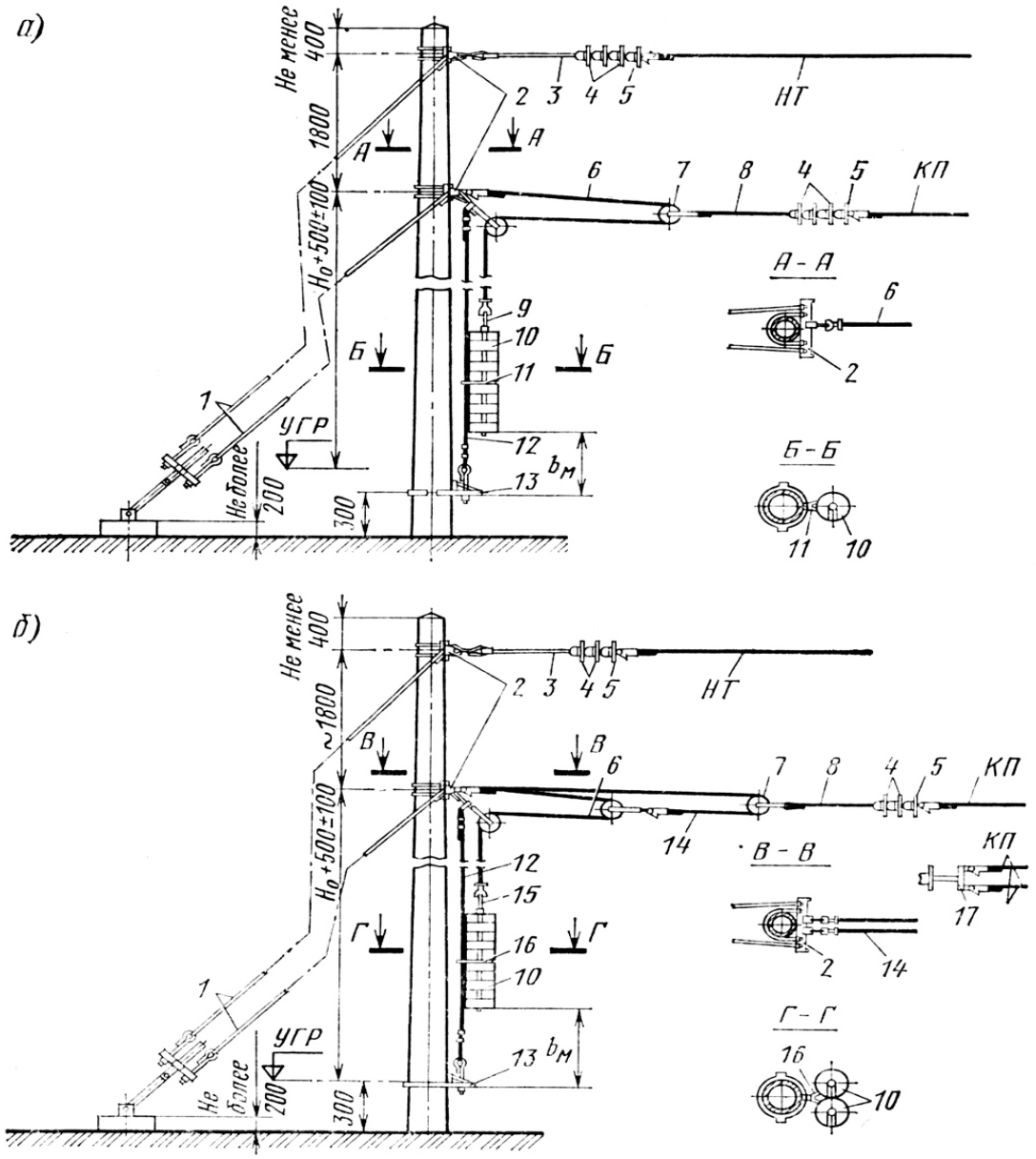


Рисунок 2. Анкеровка полукомпенсированной цепной подвески переменного тока с двухблочным компенсатором (*а*) и постоянного тока с трёхблочным компенсатором (*б*):

1- оттяжка анкерная; 2- кронштейн анкерный; 3- штанга «пестик- двойное ушко» длиной 1000 мм;4- изолятор с пестиком; 5- изолятор с серьгой; 6- трос компенсатора стальной диаметром 11 мм; 7- блок компенсатора; 8- штанга «пестик - ушко» длиной 1000 мм; 9- штанга для грузов; 10- груз железобетонный; 11- ограничитель для одинарной гирлянды грузов; 12- трос ограничителя грузов; 13- кронштейн ограничителя грузов; 14- трос компенсатора стальной диаметром 10 мм, длиной 10 м; 15- хомут для грузов; 16- ограничитель для сдвоенной гирлянды грузов; 17- коромысло для анкеровки двух проводов.

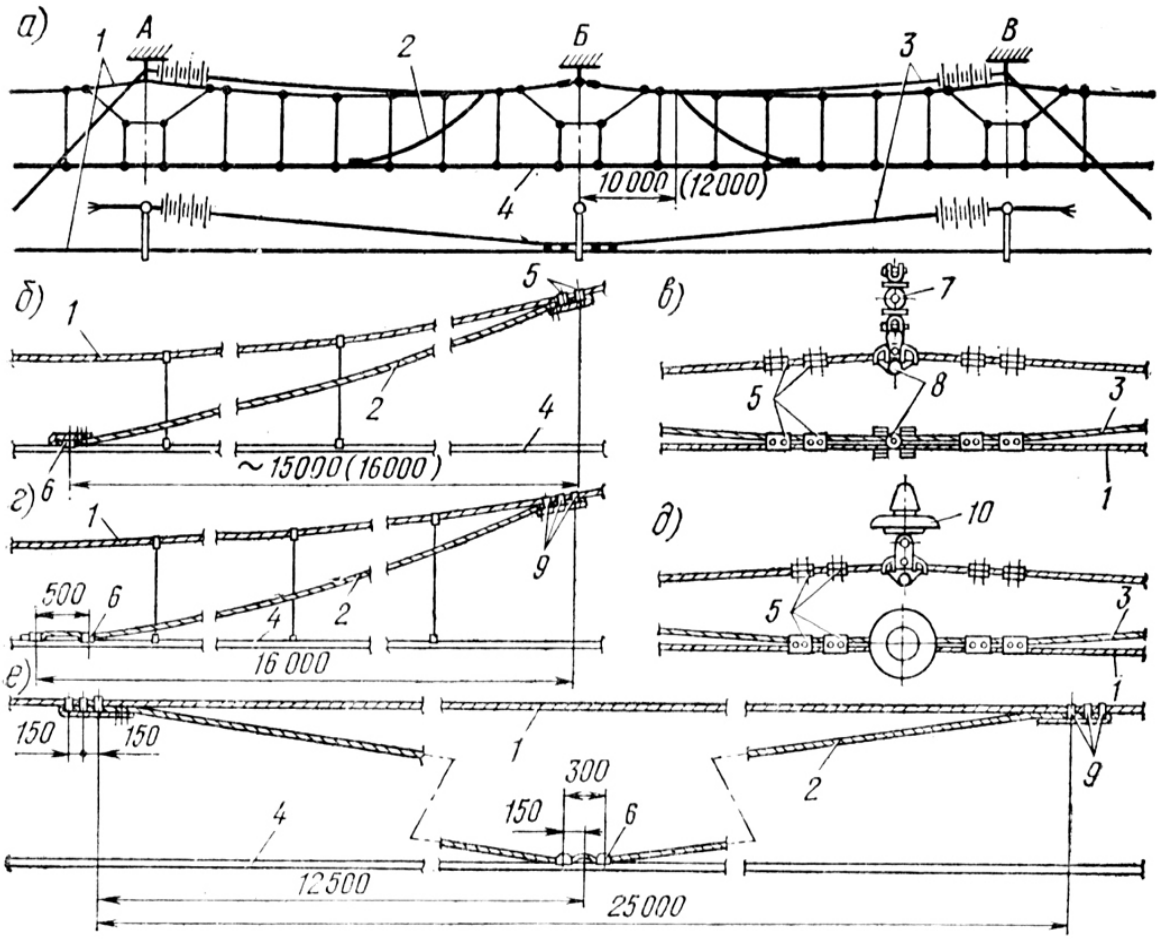


Рисунок 3. Средняя анкеровка компенсированной (*а-д)* и полукомпенсированной (*е*) цепных контактных подвесок; для одинарного контактного провода (*б*), двойного контактного провода (*г*); на изолированной консоли (*в*) и на неизолированной консоли (*д*):

а)- общий вид; 1- основной несущий трос; 2- трос средней анкеровки контактного провода; 3- дополнительный трос; 4- контактный провод; 5- зажим соединительный; 6- зажим средней анкеровки; 7- консоль изолированная; 8- седло двойное; 9- зажим средней анкеровки для крепления на несущем тросе; 10- изолятор.

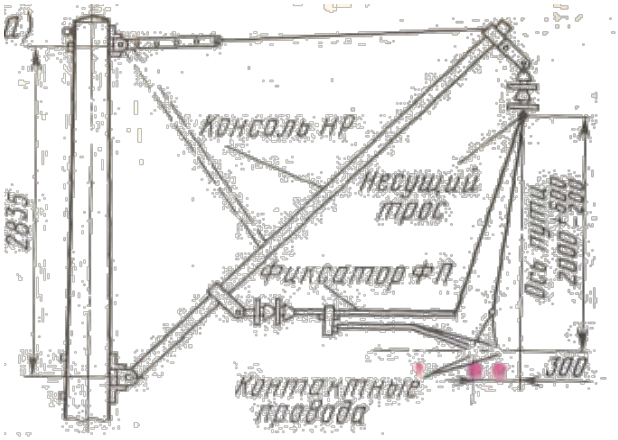
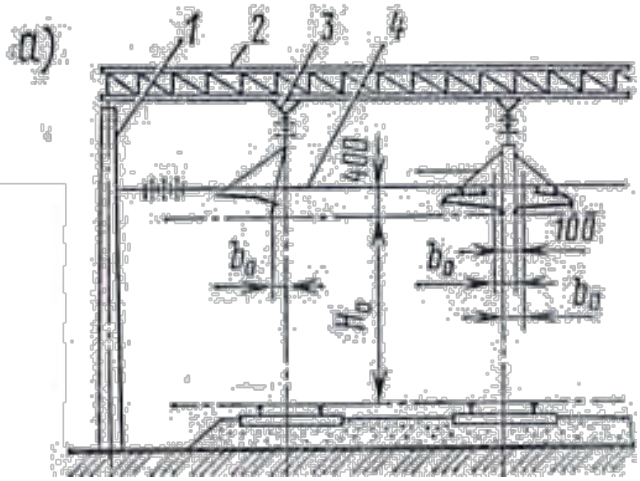
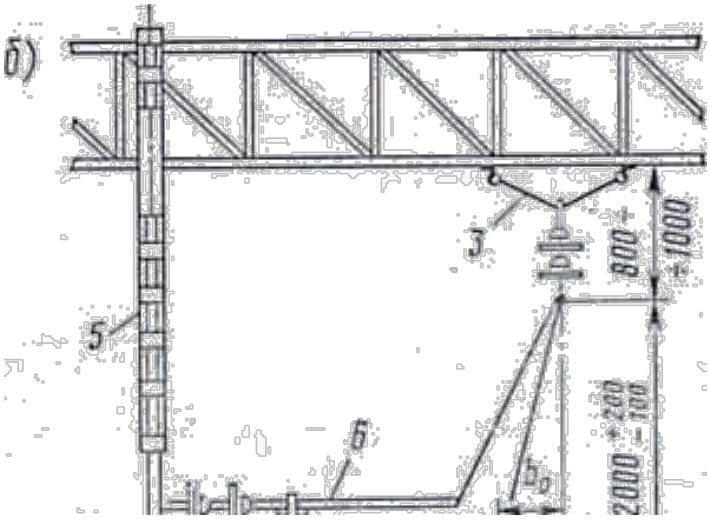


Рисунок 4. Крепление несущего троса на неизолированной консоли.

Рисунок 5. Крепление несущего троса на жесткой поперечине.





Практическое занятие №3

Подбор типовых фиксаторов для заданной схемы расположения опор

Цель занятия: научиться выбирать фиксаторы для промежуточных, переходных опор и опор средней анкеровки.

Исходные данные: Исходные данные выбираются из таблицы 5 согласно положению фамилии студента в журнале.

Таблица 5. Исходные данные

Вариант / рельеф	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Кривая R, м	300	700	1200	1400	1100	500	900	1500	1800	800
Длина пролета,м	40	50	60	70	70	35	50	65	70	60
Скорость ветра, м/с	22	25	29	32	36	22	25	29	32	36
Возвышение наружного рельса над внутренним для всех вариантов принять 40мм										

Краткие теоретические сведения

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

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

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).

При больших усилиях (более 200Н) от изменения направления контактного провода на внешней стороне кривой монтируют гибкие фиксаторы. В Правилах устройства и технической эксплуатации контактной сети [2] определены условия установки гибких фиксаторов. Эти условия приведены в таблице 6.

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

Таблица 6. Условия установки гибких фиксаторов

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

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

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

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

Габарит опор и сооружений – это расстояние от оси крайнего пути до внутреннего края фундаментов или опор контактной сети. На перегонах и железнодорожных станциях это расстояние должно быть не менее 3,1 м, а в снегозаносимых выемках и на выходах из них на длине 100м не менее 5,7м. На кривых участках пути указанные расстояния увеличиваются в соответствии с габаритным уширением.

Определить габарит опор контактной сети следует, пользуясь таблицей 7.

Таблица 7. Определение габаритов опор контактной сети.

Радиус кривой, м	**Расстояние Г (габарит) на прямом участке пути, мм**	**Увеличение расстояния Г при любом возвышении наружного рельса (наружная сторона кривой), мм,**	**Увеличение расстояния Г при возвышении наружного рельса (внутренняя сторона кривой). мм**			
			40	60	80	100
1500	2450	25	110	160	215	270
	2750—3100	25	80	120	160	200
1200	2350	30	115	165	220	275
	2750—3100	30	85	125	165	205
1000	2450	35	120	175	225	280
	2750—3100	35	90	130	170	210
800	2450	45	30	180	235	290
	2750—3100	45	100	140	180	220
600	2450	60	145	195	250	305
	2750—3100	60	115	155	195	235
400	2450	90	175	225	280	335
	2750—3100	90	145	185	225	265

Порядок выполнения

1. Определить габариты опор для прямого участка пути, для опоры на внешней и внутренней сторонах кривой.

2. Подобрать типовые фиксаторы для установки на промежуточной опоре контактной сети на участке переменного тока:

2.1 – на прямом участке пути;

2.2 – на внутренней стороне кривой;

2.3 – на внешней стороне кривой.

Считать на прямом участке пути зигзаг к опоре контактной сети.

Данные свести в таблицу 8.

Подбор типовых фиксаторов для пунктов 2 - 4 следует производить пользуясь [8, с. 49, приложение 5].

Таблица 8. Подбор типовых фиксаторов.

№п/п	**Тип опоры**	**Место установки опоры и ветвь подвески**	**Габарит опоры**	**Тип фиксатора**
1	Промежуточная опора	прямая		
		внешняя сторона кривой		
		внутренняя сторона кривой		
2	Переходная опора, неизолирующее сопряжение	**опора А:** рабочая ветвь		
		анкеруемая ветвь		
		опора Б: рабочая ветвь		
		анкеруемая ветвь		
3	Опора средней анкеровки	прямая		

3. Подобрать типовые фиксаторы для установки на переходных опорах неизолирующего сопряжения участка контактной сети переменного тока, на прямом участке пути.

Данные свести в таблицу 8.

4. Начертить схему средней анкеровки и подобрать фиксаторы для опоры средней анкеровки компенсированной контактной подвески переменного тока на прямом участке пути.

Данные свести в таблицу 8.

Содержание отчета

1. Описание определения габаритов опор для прямого участка пути, для опоры на внешней и внутренней сторонах кривой.

2. Описание подбора типовых фиксаторов для установки на промежуточной опоре контактной сети на различных участках переменного тока.

3. Описание подбора типовых фиксаторов для установки на переходных опорах неизолирующего сопряжения участка контактной сети переменного тока, на прямом участке пути.

4. Схема средней анкеровки и подбор фиксаторов для опоры средней анкеровки компенсированной контактной подвески переменного тока на прямом участке пути.

5. Заполненная таблица 8.

6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какими бывают поддерживающие конструкции контактной сети?
2. Назовите преимущества изолированных консолей контактной сети.
3. Какие фиксаторы следует выбирать на кривых участках пути малых радиусов и почему?
4. На какую нагрузку работает дополнительный стержень фиксатора?
5. От чего зависит выбор типа консоли и типа фиксатора для опоры контактной сети?
6. От чего зависит выбор типа тяги консоли для опоры контактной сети?

Практическое занятие № 4

Определение расчетных нагрузок для различных типов подвесок

Цель работы: научиться рассчитывать нагрузки, действующие на провода цепной контактной подвески, определять коэффициенты для расчета в различных режимах воздействия нагрузок.

Исходные данные: в качестве исходных данных выбирается тип цепной контактной подвески главных путей на станции по таблице №2; типы ветрового и гололёдного районов согласно вариантам указаны в таблице 9; нормативные значения толщины стенки гололёда и скорости ветра в таблице 10.

Таблица 9. Типы ветрового и гололёдного районов.

Номер варианта	Ветровой район	Гололёдный район
1	I	II
2	II	I
3	III	II
4	IV	III
5	V	II

Таблица 10. Нормативные значения толщины стенки гололёда и скоростей ветра

Номер гололёдного или ветрового районов.	Нормативная толщина стенки гололёда, b_H , мм.	Нормативная скорость ветра, м/с.	
		Максимальная $V_{max.}$	При гололёде $V_г$.
I	5	22	13
II	10	25	14
III	15	29	15
IV	20	32	18
V	25	36	19

Краткие теоретические сведения

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

Нагрузки, действующие на провода контактной сети, делятся на постоянные, кратковременные и особые.

К постоянным нагрузкам относятся: нагрузки от веса конструкций, веса проводов, веса и давления грунтов, горного давления.

К кратковременным нагрузкам относятся: ветровые нагрузки, гололёдные нагрузки, температурные климатические воздействия.

К особым нагрузкам относятся: сейсмические и взрывного воздействия; нагрузки, возникающие от повреждения конструкций и т.п.

Для установления расчётных климатических условий пользуются картами районирования территории России, для упрощённых расчётов варианты задаются преподавателем.

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

Рекомендуемая величина нагрузки от струновых зажимов ($g_{С}$) составляет 0,05 даН/м при одном контактном проводе.

Нагрузку от собственного веса цепной контактной подвески ($g_{П}$) можно рассчитать по формуле:

$$g_{П} = g_{НТ} + n\,(g_{КП} + g_{С}),\ \text{даН/м}$$

где n – число контактных проводов;

$g_{КП}$ - нагрузка от собственного веса контактного провода;

$g_{НТ}$ - нагрузка от собственного веса несущего троса.

Для выполнения расчета нагрузки от собственного веса несущего троса и собственного веса контактного провода необходимо выбрать из справочной литературы.

Вес контактного провода ($g_{КП}$) и вес несущего троса ($g_{НТ}$) определяется в зависимости от марки провода по таблице П1 [7, с. 166].

Например, для несущего троса ПБСМ-70: $g_{НТ}$= 0,586 даН/м;

для контактного провода МФ-85: $g_{КП}$= 0,74 даН/м.

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

На толщину стенки гололёда на проводах оказывает влияние диаметр проводов. Поэтому при определении толщины стенки гололёда на проводах и тросах разных диаметров заданную толщину стенки гололёда умножают на коэффициент $к_г'$.

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

Расчётную гололёдную нагрузку на провода контактной сети следует умножить на коэффициент перегрузки $n_г$, учитывающий изменение гололёдной нагрузки в зависимости от рельефных условий расположения цепной контактной подвески.

Коэффициенты перегрузки $n_г$ принимают:

$n'_г$ = 1,25—для участков контактной сети, сооружаемых в местах с явно выраженным усилением гололедной нагрузки (возвышенности и перевалы, резко выделяющихся над окружающей местностью, наветренные склоны возвышенностей и речных долин, вершины холмов, насыпи высотой более 5 м); таким образом, гололедную нагрузку увеличивают на 25 % по сравнению с принятой для данного района;

$n_г''$ = 0,75 — для участков контактной сети, расположенных в котловинах, узких долинах, проходящих меридиально, в местах сплошной застройки, в лесных массивах, не подлежащих вырубке, в выемках глубиной более 6 м, а также при наличии снегозащитных лесных полос вдоль железной дороги с высотой деревьев или зданий, превышающей высоту подвески контактного провода; таким образом, гололедную нагрузку уменьшают на 25 %.

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

Ветровая нагрузка на провода цепной контактной подвески является горизонтальной нагрузкой.

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

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

Для этих расчётных режимов и определяют нагрузки, действующие на несущий трос. В режиме минимальной температуры несущий трос испытывает

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

Рассчитать нагрузки, действующие на провода цепной контактной подвески, определить коэффициенты для расчета в различных режимах воздействия нагрузок можно по приведенным ниже формулам.

Нагрузку на несущий трос от веса гололеда можно определить по формуле:

$$g_{ГНТ}=n_{Г}\,0{,}0009\cdot\pi\cdot b_{р}\,(d+b_{р})$$

где $n_{Г}$- коэффициент перегрузки, учитывающий влияние высоты расположения провода над землёй на интенсивность гололедных образований

Коэффициенты $n_{Г}$ принимают:

$n_{Г}$ = 1,25 –для участков контактной сети, сооружаемых в местах с явно выраженным усилением гололедной нагрузки (возвышенности, перевалы, речные долины, насыпи более 5 метров);

$n_{Г}$ = 0,75 – для участков контактной сети, расположенных в котловинах, узких долинах, в лесных массивах, не подлежащих вырубке, в выемках глубиной более 6 метров;

$n_{Г}$ = 1 – для станции, расположенной на нулевом месте.

Расчетная толщина корки гололеда:

$$b_{р}=к'_{Г}\,к''_{Г}\,b_{Н},\ мм$$

где $к'_{Г}$ – коэффициент, учитывающий влияние диаметра НТ на толщину гололедных образований [8, с. 46, таблица 2];

$к''_{Г}$ – коэффициент, учитывающий влияние высоты расположения контактного провода на толщину гололедных образований (на насыпи) [8, с. 46, таблица 3].

Расчётную толщину стенки гололёда с учётом поправочных коэффициентов допускается округлять до ближайшей целой цифры.

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

Нагрузку на контактный провод от веса гололеда можно рассчитать по формуле:

$$g_{ГКП} = n_{Г}\, 0{,}0009\, \pi \cdot \frac{b_p}{2}\, (d_{ср} + \frac{b_p}{2}),$$

где $d_{ср} = \frac{A+H}{2}$ – средний диаметр КП;

А и Н – ширина и высота сечения (соответственно) для контактного провода [7, с. 166, таблица П1].

Нагрузку от веса всех проводов цепной контактной подвески, покрытых гололедом можно рассчитать по формуле:

$$g_{ГП} = g_n + g_{гнт} + g_{гкп}\, n$$

Ветровую нагрузку на несущий трос при максимальном ветре можно рассчитать по формуле:

$$p_{НТ} = c_x \cdot \frac{(\kappa_v \cdot v_{max})^2}{16} \cdot \frac{d}{1000}, \text{ даН/м},$$

где c_x=1,2 – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления ветру, отнесённый к площади сечения провода [7, с. 172, таблица П6];

$к_v$ – коэффициент ветрового воздействия в зависимости от рельефа местности [7, с. 173, таблица П7].

Ветровую нагрузку на контактный провод в режиме максимального ветра можно рассчитать по формуле:

$$p_{КП} = c_x \cdot \frac{(k_v \cdot v_{max})^2}{16} \cdot \frac{H}{1000}, \text{ даН/м}$$

Рассчитать ветровую нагрузку на несущий трос, покрытый гололедом можно по формуле:

$$p_{ГНТ} = c_x \cdot \frac{(k_v \cdot v_Г)^2}{16} \cdot \frac{(d + 2 \cdot b_p)}{1000} \text{ даН/м}$$

Рассчитать ветровую нагрузку на контактный провод, покрытый гололедом можно по формуле:

$$p_{гкп} = c_x \cdot \frac{(k_v \cdot v_Г)^2}{16} \cdot \frac{(H + b_p)}{1000} \text{ даН/м}$$

Расчёт проводов на совместное действие вертикальных (масса проводов, гололед) и горизонтальных (давление ветра) нагрузок ведут по суммарным (результирующим) нагрузкам, определяемым геометрическим сложением вертикальных и горизонтальных нагрузок.

Суммарную нагрузку на несущий трос при максимальном ветре можно рассчитать по формуле:

$$q_{v\,max} = \sqrt{g_n^2 + p_{нт}^2} \text{ даН/м}$$

Суммарную нагрузку на несущий трос в режиме гололеда с ветром можно рассчитать по формуле:

$$q_{Г\max} = \sqrt{g_{ГП}^2 + p_{ГНТ}^2} \text{ даН/м}$$

Порядок выполнения

1. Рассчитать нагрузку от собственного веса цепной контактной подвески.
2. Рассчитать нагрузку на несущий трос от веса гололеда.
3. Рассчитать нагрузку на контактный провод от веса гололеда.
4. Рассчитать нагрузку от веса всех проводов цепной контактной подвески, покрытых гололедом.
5. Рассчитать ветровую нагрузку на несущий трос в режиме максимального ветра.
6. Рассчитать ветровую нагрузку на контактный провод в режиме максимального ветра.
7. Рассчитать ветровую нагрузку на несущий трос, покрытый гололедом.
8. Рассчитать ветровую нагрузку на контактный провод, покрытый гололедом.
9. Рассчитать суммарную нагрузку на несущий трос при максимальном ветре.
10. Рассчитать суммарную нагрузку на несущий трос в режиме гололеда с ветром.

Содержание отчета

1. Расчет нагрузки от собственного веса цепной контактной подвески.
2. Расчет нагрузки на несущий трос от веса гололеда.
4. Расчет нагрузки на контактный провод от веса гололеда.
5. Расчет нагрузки от веса всех проводов цепной контактной подвески, покрытых гололедом.
6. Расчет ветровой нагрузки на несущий трос в режиме максимального ветра.
7. Расчет ветровой нагрузки на контактный провод в режиме максимального ветра.
8. Расчет ветровой нагрузки на несущий трос, покрытый гололедом.
9. Расчет ветровой нагрузки на контактный провод, покрытый гололедом.
10. Расчет суммарной нагрузки на несущий трос при максимальном ветре.
11. Расчет суммарной нагрузки на несущий трос в режиме гололеда с ветром.
12. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Поясните, для чего производят расчёт нагрузок, действующих на провода контактной сети.
2. Укажите, какие факторы влияют на изменение гололёдной нагрузки.
3. Расскажите, что такое коэффициент перегрузки.
4. Поясните, почему на контактном проводе гололёдная нагрузка принимается в два раза меньше, чем на несущем тросе.
5. Объясните, от чего зависит величина ветровой нагрузки на провода контактной сети.
6. Поясните, почему при расчёте ветровой нагрузки на контактный провод для расчёта принимают высоту сечения контактного провода?

Практическое занятие № 5

Определение расчетных длин пролетов

Цель работы: научиться рассчитывать и выбирать длины пролетов цепной контактной подвески.

Исходные данные: в качестве исходных данных выбираются данные проводов по таблице 2 и нагрузки, рассчитанные в практическом занятии №4.

Исходные данные сводим в таблицу №11.

Таблица 11. Исходные данные

Тип контактной подвески	**Нагрузки, действующие на провода цепной контактной подвески, даН/м**									**Натяжение проводов, даН**	
	$g_к$	$p_{кv}$	p_{mv}	$p_{кг}$	$p_{mг}$	g	$g_г$	q_{mv}	$q_г$	несущего троса	контактного провода
Тип подвески по регулировке натяжения проводов - полукомпенсированная											
Конструктивная высота цепной контактной подвески переменного тока , h = 1,8 м.											
Конструктивная высота цепной контактной подвески постоянного тока , h = 2,2 м.											
Переменный ток – консоли изолированные											
Постоянный ток - консоли неизолированные, количество изоляторов в гирлянде – 2шт.											

Натяжение проводов цепной контактной подвески следует выбрать, пользуясь [7, с. 170, таблица П4].

Краткие теоретические сведения

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

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

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

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

Сначала производится выбор расчетного режима.

Для выбора расчётного режима сравним горизонтальные ветровые нагрузки в двух режимах: в режиме максимального ветра и в режиме гололёда с ветром. Затем по наибольшей нагрузке выберем расчётный режим.

Для расчётов выбираем из таблицы 11 необходимые данные.

Сравниваем величины ветровых нагрузок $p_{кп}$ и $p_{гкп}$, действующих на цепную контактную подвеску в режиме максимального ветра и в режиме гололёда с ветром и выбираем расчётный режим по величине наибольшей нагрузки.: $P_{кп}$; $p_{гкп}$.

Если расчётным режимом будет режим максимального ветра, это значит, что наибольшие нагрузки контактная подвеска воспринимает именно в этом режиме. Если расчётный режим – режим гололёда с ветром, то и длину пролёта мы будем рассчитывать с учётом нагрузок, возникающих в режиме гололёда с ветром.

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

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

$$l_{\max} = 2\sqrt{\frac{K}{P_{кп.}} \cdot \left[b_{к.доп.} - \gamma_к + \sqrt{\left(b_{к.доп.} - \gamma_к\right)^2 - a^2} \right]}, м$$

где К- натяжение контактного провода, даН;

- $b_{к.доп}$ - допустимое горизонтальное отклонение контактного провода от оси токоприёмника, м;

- $b_{к.\ доп.} = 0{,}5$ м. [1, с. 23];

- а - зигзаг контактного провода, м. [2, с 23];

- $\gamma_К$ - прогиб опоры под действием ветра на уровне подвеса контактного провода. [5, с. 146].

Расчёт средней длины струны производим по формуле:

$$S_{ср} = h - 0{,}115\frac{g_n \cdot l_{\max}^2}{T_o};\ м,$$

где h - конструктивная высота цепной контактной подвески, м;

- T_o – натяжение несущего троса, соответствующее беспровесному положению контактного провода, даН ;

- $T_0 = 0{,}8 \times T_{\max}$ - для биметаллических несущих тросов;

- $T_0 = 0{,}75 \times T_{\max}$ – для медных несущих тросов;

- T_{max}- максимальное допустимое значение натяжения несущего троса из исходных данных.

Теперь по имеющимся расчетам мы сможем рассчитать значение эквивалентной нагрузки по формуле:

$$p_э = \frac{p_{кп} \cdot T - p_{нт} \cdot K - \frac{8 \cdot K \cdot T}{l_{\max}^{2}} \cdot \left(\frac{h_u \cdot p_{нт}}{q_{v\max}} + \gamma_m - \gamma_к \right)}{T + K + \frac{10,6 \cdot s_{ср} \cdot K \cdot T}{g_{кп} \cdot l^{2}_{\max}}}, \text{ даН/м},$$

где h_u - длина подвесной гирлянды изоляторов несущего троса, [5, с. 146];

- γ_m - допустимый прогиб опоры под действием ветра на уровне подвеса несущего троса [4, с. 146];
- Т- натяжение несущего троса;
- $T = T_{ном}$ - для компенсированных цепных контактных подвесок;
- $T = T_{max}$- 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 трёх; 0,9 м – при четырёх

Далее производим расчёт максимально-допустимой длины пролёта с учётом эквивалентной нагрузки:

$$l_{\max} = 2 \cdot \sqrt{\frac{K}{p_{кп} \pm p_э} \cdot \left[b_{к.доп.} - \gamma_К + \sqrt{\left(b_{к.доп.} - \gamma_К\right)^2 - a^2} \right]}, м$$

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

Сравниваем полученные величины длин пролётов между собой, они должны отличаться не более, чем на 5%.

Итоговые значения длин пролетов определяются согласно [2, с. 26, табл. 2.6.2].

Порядок выполнения

1. Выбрать расчетный режим.
2. Рассчитать величину максимально-допустимой длины пролёта без учета эквивалентной нагрузки.
3. Рассчитать величину средней длины струны.
4. Рассчитать величину эквивалентной нагрузки.
5. Рассчитать величину максимально-допустимой длины пролета с учетом эквивалентной нагрузки.
6. Произвести окончательный выбор длины пролета цепной контактной подвески.

Содержание отчета

1. Описание выбора расчетного режима.
2. Расчет величины максимально-допустимой длины пролёта без учета эквивалентной нагрузки.
3. Расчет величины средней длины струны.
4. Расчет величины эквивалентной нагрузки.

5. Расчет величины максимально-допустимой длины пролета с учетом эквивалентной нагрузки.

6. Окончательный выбор длины пролета цепной контактной подвески.

7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как можно обеспечить ветроустойчивость цепной контактной подвески?
2. Что учитывает эквивалентная нагрузка?
3. Что означает расчетный режим максимального ветра?
4. Почему для полукомпенсированной подвески выбирается максимальное натяжение несущего троса, а для компенсированной – номинальное натяжение?
5. Почему важно опираться на требования ПУТЭКС при окончательном выборе длины пролета?

Практическое занятие № 6
Определение длин пролетов контактной подвески методом применения номограмм

Цель занятия: научиться определять ориентировочные значения максимальных длин пролетов с помощью номограмм и устанавливать расчетный режим для выбора длин пролетов.

Исходные данные: Исходные данные выбираются из таблицы 12 согласно положению фамилии студента в журнале.

Таблица 12. Исходные данные

№ варианта	Типы подвесок	Вид компенсации	Тип консоли	Кол-во изоляторов,шт	Ветровой район	Гололедный район	Рельеф местности
1	ПБСМ70+МФ100	компенсированная	изолированная	нет	I	II	прямая
2	ПБСМ95+МФ100	компенсированная	изолированная	нет	II	I	R=300м
3	ПБСМ95+МФ100	полукомпенсированная	неизолированная	4	III	II	R=600м
4	ПБСМ70+МФ85	полукомпенсированная	неизолированная	4	IV	III	R=1000м
5	ПБСМ95+МФ100	компенсированная	неизолированная	3	V	II	R=1500м
6	ПБСМ95+2МФ100	полукомпенсированная	неизолированная	2	I	II	прямая
7	М120+2МФ100	полукомпенсированная	неизолированная	2	II	I	R=500м
8	М120+2МФ100	компенсированная	неизолированная	2	III	II	R=700м

9	ПБСМ95+2МФ100	компенсированная	неизолированная	2	IV	III	R=800м
10	М120+МФ150	полукомпенсированная	неизолированная	2	V	II	R=1200м

Краткие теоретические сведения

Номограммы – это комплекс кривых, полученных в результате выполнения расчетов длин пролетов с помощью компьютерных технологий по динамической методике [7, с. 177, приложение 12]. Они позволяют определить максимальную допустимую длину пролетов для подвесок разных типов в режиме максимального ветра и в режиме гололеда с ветром для прямых и кривых участков пути. При этом не нужно выполнять уточненных расчетов, а, зная заданный тип подвески и тип консолей, следует пользоваться данными климатических условий и данными рельефа местности.

По номограммам определяют длину пролета в режиме максимального ветра и гололеда с ветром. Это следует выполнять следующим образом: по кривым левой плоскости находят точку, соответствующую скорости ветра и толщине стенки гололеда. От этой точки проводим горизонталь до пересечения с кривой, соответствующей рельефу местности – прямому участку пути или заданному значению кривой. По полученному пересечению и определяют длину пролета.

Так определяют длину пролета для двух режимов – режима максимального ветра и режима гололеда с ветром, сравнивают между собой и определяют расчетный режим по наименьшей величине длины пролета. Итоговые значения длин пролетов не должны превышать длины пролетов, определенные в ПУТЭКС [2, с. 26, таблица 2.6.2].

Порядок выполнения

1. Определить по номограммам максимально допустимую длину пролета для режима максимального ветра.
2. Определить по номограммам максимально допустимую длину пролета для режима гололеда с ветром.
3. Сравнить определенные по номограммам длины пролетов в двух режимах и по наименьшей длине пролета определить расчетный режим.
4. Пользуясь ПУТЭКС [2, с. 26, табл. 2.6.2], произвести окончательный выбор максимально допустимой длины пролета.

Содержание отчета

1. Описание определения по номограммам максимально допустимой длины пролета для режима максимального ветра.
2. Описание определения по номограммам максимально допустимой длины пролета для режима гололеда с ветром.
3. Результаты сравнения определенных по номограммам длин пролетов в двух режимах и определение расчетного режима.

4. Окончательный выбор максимально допустимой длины пролета.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое номограммы? По каким данным строят номограммы?
2. Какие параметры контактной подвески и какие условия учитывают при определении длин пролетов с использованием номограмм?
3. Как определяют расчетный режим?
4. Как производят окончательный выбор длины пролета?
5. Какой метод определения максимально допустимой длины пролета является наиболее точным: метод динамического расчета или метод с использованием номограмм?

Практическое занятие №7

Составление схемы питания и секционирования железнодорожной станции и прилегающих перегонов

Цель занятия: приобрести практические навыки в делении контактной сети на отдельные секции и составлении схемы питания и секционирования станции и прилегающих перегонов.

Исходные данные: систему тока выбрать из таблицы 2, номер схемы задается преподавателем из [8, приложение 1].

Краткие теоретические сведения

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

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

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

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

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

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

Продольное секционирование предусматривает разделение в отдельные секции контактной сети перегонов от контактной сети станций по главному пути. Оно осуществляется трехпролетными изолирующими сопряжениями анкерных участков на постоянном токе, а на переменном токе – трехпролётными изолирующими сопряжениями и нейтральными вставками (на том конце станции, где расположена тяговая подстанция, должно быть предусмотрено разделение секций, питающихся от разных фаз переменного тока).

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

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

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

Изолирующие сопряжения должны быть 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 путями осуществляется секционными изоляторами, поперечными разъединителями.

При поперечном секционировании в отдельные секции выделяются контактные подвески главных путей перегонов и станций друг от друга; контактные подвески боковых путей от главных путей; контактные подвески путей для производства погрузочно-разгрузочных работ на подъездных путях и тупиках, а также путей для производства работ для осмотра крышевого оборудования подвижного состава; контактные сети сортировочных горок и путей специального назначения.

Питание на поперечные секции подаётся от главного пути через поперечные нормально включенные секционные разъединители. На секции контактной сети, где производятся погрузочно-разгрузочные работы, работы по осмотру крышевого оборудования подвижного состава питание подаётся через разъединители с ручным приводом и заземляющим ножом. Это выполняется для того, чтобы соблюдалась безопасность производства работ со стропольными

кранами и подъёмными механизмами и при подъёме на высоту. При отключении секции от питания секционный разъединитель одновременно заземляет её и, кроме того, создаёт видимый разрыв цепи для лиц, производящих работы.

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

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

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

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

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

На питающей линии постоянного тока непосредственно у тяговой подстанции устанавливают разъединитель с моторным приводом. При длине линии более 150 м у места подсоединения питающей линии к контактной сети дополнительно монтируют разъединитель с моторным приводом.

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

Схему питания и секционирования вычерчивают без масштаба.

Порядок выполнения

1. Выполнить продольное секционирование участка контактной сети (на схеме).
2. Выполнить поперечное секционирование участка контактной сети (на схеме).
3. Подключить питание на продольные секции (на схеме).
4. Подключить питание на поперечные секции (на схеме).
5. Выполнить описание схемы питания и секционирования.

Содержание отчета

1. Выполненная схема питания и секционирования.
2. Дать описание понятия продольного секционирования участка контактной сети, чем выполняется.
3. Дать описание понятия поперечного секционирования участка контактной сети, чем выполняется.
4. Дать описание, как подключается питание на продольные и поперечные секции.

Контрольные вопросы

1. Что такое секционирование контактной сети?
2. Чем выполняется продольное секционирование?
3. Объясните назначение нейтральной вставки?
4. Чем выполняют поперечное секционирование?
5. Почему питание на контактную сеть тупиков и путей, предназначенных для производства погрузочно-разгрузочных работ, подается через разъединители с заземляющими ножами?

Практическое занятие № 8

Механический расчет анкерного участка цепной подвески. Определение расчетного режима

Цель занятия: научиться рассчитывать эквивалентный и критические пролёты контактной подвески, определять расчётный режим.

Исходные данные: Вариант исходных данных задаётся преподавателем согласно таблице 13.

Таблица 13. Исходные данные

Исходные данные	**Вариант**									
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Минимальная температура, t_{min}, ^{0}C	-40	-25	-45	-30	-35	-50	-35	-25	-35	-40
Максимальная температура t_{max}, ^{0}C	30	40	35	35	30	25	35	30	25	35
Температура образования гололёда, $t_г$, ^{0}C	-5									
Температура максимальной скорости ветра, t_v, ^{0}C	+5									
Тип контактной подвески по главным путям	Из практического занятия № 2									
Нагрузки g_n $q_{гmax}$, q_{vmax}, даН/м	Из практического занятия № 4									
Анкерный участок состоит из пролетов, (м) в соответсвующем количестве,(n)	**8*55+7*50+10*45**	**6*60+10*50+9*46**	**6*65+10*60+7*50**	**8*65+6*60+8*55**	**5*70+5*60+10*50**	**10*70+3*50+10*40**	**8*70+6*60+6*50**	**8*70+10*60+2*50**	**12*70+6*65+3*60**	**10*70+2*68+10*65**
Расстояние от опоры до первой простой струны, «е», м	15	14	10	15	14	10	15	14	10	15

Краткие теоретические сведения

Конечной целью механического расчёта поводов в анкерном участке является определение их натяжений и стрел провеса при различных температурах

для построения монтажных кривых и составления монтажных таблиц. Из теории механического расчёта цепной подвески известно, что для определения значения натяжения T_x при любой температуре t_x и любой нагрузке q_x, нужно знать исходное состояние – ***исходный расчётный режим***, т.е. знать значения температуры t_1, нагрузки q_1 и соответствующее им значение натяжения несущего троса T_1.

Поскольку первоначально из всех возможных натяжений несущего троса известно только его максимальное натяжение, то необходимо установить, при каком из ***расчётных режимов*** для заданного типа подвески и заданных климатических условий в несущем тросе создаётся наибольшее натяжение. Принять этот режим за исходный и считать температуру и нагрузку при этом режиме с индексом «1», а натяжение – соответствующее максимальному.

При расчёте сначала определяют максимально допустимое натяжение несущего троса полукомпенсированной подвески, исходя из физического состояния провода, согласно этому значению выбирают максимальное натяжение несущего троса; устанавливают номинальное натяжение контактного провода.

Определение основных данных для расчёта проводов производится в следующем порядке:

- из таблицы П1 [7, с. 166] необходимо выписать основные данные несущего троса и контактного провода, входящих в заданный тип контактной подвески: 24α и α E S;

- определить максимальное натяжение несущего троса T_{max} и номинальное натяжение контактного провода K.

Чтобы установить максимальное натяжение несущего троса, необходимо рассчитать максимально допустимое натяжение $T_{доп}$.

Максимально допустимое натяжение несущего троса определяется по формуле:

$$T_{доп} = 0{,}95 \bullet \frac{\sigma_{вр} \bullet S_p \bullet 10^{-7}}{\kappa_з},$$

где $\sigma_{вр}$- временное сопротивление разрыву материала проволок, из которых свит трос, Па; [7, с. 168, таблица П2];

- S_p – расчётное сечение несущего троса, м^2;
- $\kappa_з$ – номинальный коэффициент запаса прочности:

• для медных, бронзовых и алюминиевых многопроволочных тросов – не менее 2;

• для биметаллических, сталемедных и сталеалюминиевых многопроволочных тросов – не менее 2,5;

• для стальных многопроволочных тросов – не менее 3.

Максимальное натяжение несущего троса обычно принимают несколько ниже максимально допустимого. Рекомендуемые величины максимальных натяжений несущих тросов приведены в таблице 14.

Таблица 14. Натяжение несущих тросов контактных подвесок

Тип подвески	**Номинальное натяже**	**Максимальное**	**Ориентировочные значения натяжений несущих тросов полукомпенсированной подвески.**		
			В режиме максималь-	В режиме гололёда с ветром, $T_г$,	При бе сп

			ого ветра, $T_в$, при темпе-ратуре t_{min}, ^{0}C			при толщине корки $b_н$, мм				
			-50	-40	-30	5	10	15	20 и более	
М-95+МФ-100 М-95+2МФ-100 М-120+2МФ-100 М-120+МФ-150 М-120+2МФ-120	1450 1450 1800 1800 1800	1600 1600 2000 2000 2000	$0,7T_{max}$	$0,8T_{max}$	$0,85T_{max}$	$0,8T_{max}$	$0,85T_{max}$	$0,9T_{max}$	T_{max}	$0,75T_{max}$
ПБСМ-70+МФ-85 ПБСМ-70+МФ-100 ПБСМ-95+МФ-100 ПБСМ-95+2МФ-100 ПБСА-50/70+МФ-85 ПБСА-50/70+МФ-100	1500 1500 1600 1800 1500 1800	1600 1600 2000 2000 1600 2000	$0,8T_{max}$	$0,85T_{max}$	$0,9T_{max}$	$0,75T_{max}$	$0,85T_{max}$	$0,95T_{max}$	T_{max}	$0,8T_{max}$

Примечание: данные таблицы справедливы, если вместо контактных проводов МФ-100 применены контактные провода МФО-100, БрФ-100, НлФ-100 и т.п.

Номинальное натяжение новых контактных проводов К может быть принято соответственно данным в таблице 15.

Таблица 15. Натяжения контактных проводов

Марка контактных проводов	**Номинальное натяжение контактных проводов, К, даН**
Одиночные:	
МФ-85, НлФ-85	850
БрФ-85	950
МФ-100, МФО-100, НлФ-100	1000
БрФ-100, БрФО-100	1300
МФ-120, НлФ-120	1200
МФ-150, НлФ-150	1500
БрФ-150, БрФО-150	1800
Двойные:	
2МФ-100, 2МФО-100, 2НлФ-100	2000
2БрФ-100, 2БрФО-100	2000
2МФ120, 2НлФ-120	2400

Расчётный режим определяется из сравнения эквивалентной длины пролёта в анкерном участке и критических пролётов в режимах: гололёда с ветром; максимального ветра.

Эквивалентный пролёт это пролёт, в котором при изменении температуры и дополнительной нагрузки натяжение провода будет изменяться по тому же закону, что и в анкерном участке при действительных пролётах. Для расчёта эквивалентной длины пролёта следует выбрать анкерный участок главных путей из монтажного плана станции или перегона курсового проекта по дисциплине «контактная сеть». Длину анкерного участка, действительные длины пролётов и их количество занести в исходные данные.

Определение длины эквивалентного пролета выполняется по формуле:

$$l_э = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} l_i^3 \cdot n_i}{L_{ay}}},$$

где l_i – действительные длины пролётов в анкерном участке, м.

n_i – число пролетов длиной l_i в анкерном участке, шт.

L_{ay} – длина анкерного участка.

Критический пролёт это пролёт, в котором натяжение провода достигает максимального допустимого значения, как при минимальной температуре, так и при наибольшей нагрузке. Значение критического полёта зависит от климатических условий, а также от физических свойств и максимального натяжения провода ($\alpha, g, T_{\max}$). Рассчитывается для режима гололёда с ветром и режима максимального ветра.

Длины критических пролётов рассчитываются в двух режимах по нижеприведенным формулам:

в режиме гололеда с ветром:

$$l_{крГ} = T_{\max} \cdot \sqrt{\frac{24\alpha \cdot (t_Г - t_{\min})}{q^2_{Г\max} - g^2_n}},$$

где T_{max} – максимальнодопустимое натяжение несущего троса;

α - коэффициент температурного линейного расширения материала несущего троса.

В режиме максимального ветра:

$$l_{крв} = T_{\max} \cdot \sqrt{\frac{24\alpha \cdot (t_v - t_{\min})}{q^2_{в\max} - g^2_n}}$$

Расчётный режим выбирают, исходя из сравнения величин эквивалентного и критических пролётов. Если $l_э < l_{крГ}$ и $l_э < l_{крв}$, расчетный режим – режим минимальной температуры, что означает, что максимального значения натяжение достигает при минимальной температуре. Если $l_э \geq l_{крв}$ и $l_э < l_{крГ}$, то расчётный режим – режим максимального ветра; если $l_э \geq l_{крГ}$ и $l_э < l_{крв}$, то расчётный режим – режим гололёда с ветром.

При расчёте кривых натяжения и стрел провеса проводов необходимо знать температуру беспровесного положения контактного провода, при которой контактный провод не будет иметь стрелы провеса. Эта температура для полукомпенсированной подвески обычно несколько ниже среднего значения температуры в заданном районе, что учитывается величиной t^1.

Определить температуру беспровесного положения контактного провода можно по формуле:

$$T_0 = \frac{t_{\max} + t_{\min}}{2} - t^1,$$ это штрих у меня такой!!!

где t^1 - величина, зависящая от типа и количества контактных проводов (таблица 16).

Таблица 16. Значение величины t^1, ^{0}C для определения температуры беспровесного положения контактного провода.

Тип контактного провода	**Значение величины t^1, ^{0}C**

Для одиночных контактных проводов, сечением 85-100 мм^2	15
Для одиночных контактных проводов, сечением 150 мм^2	10 – 15
Для двойных контактных проводов	5 – 10

Порядок выполнения

1. Определить максимальное натяжение несущего троса T_{max} и номинальное натяжение контактного провода К.
2. Рассчитать длину эквивалентного пролета.
3. Рассчитать длины критических пролетов.
4. Выбрать расчетный режим.
5. Рассчитать температуру беспровесного положения контактного провода.

Содержание отчета

1. Описание порядка определения максимального натяжения несущего троса T_{max} и номинального натяжение контактного провода К.
2. Расчет длины эквивалентного пролета.
3. Расчет длин критических пролетов.
4. Выбор расчетного режима.
5. Расчет температуры беспровесного положения контактного провода.
6. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Для чего выполняется механический расчёт проводов в анкерном участке?
2. Что такое критический и эквивалентный пролёты?
3. Чем руководствуются, когда выбирают исходный расчётный режим?
4. Что такое температура беспровесного положения контактного провода?
5. Как выбирают максимальное натяжение несущего троса?

Практическое занятие № 9

Составление графика натяжения нагруженного несущего троса в зависимости от температуры

Цель занятия: научиться рассчитывать изменение натяжений нагруженного контактным проводом несущего троса в зависимости от температуры, строить монтажную кривую натяжения несущего троса.

Исходные данные: данные для расчётов взять из практического занятия № 8.

Краткие теоретические сведения

Для расчёта и построения графика натяжения несущего троса нужно воспользоваться данными из предыдущего практического занятия, выбранным расчётным режимом.

Расчёт натяжений несущего троса будем производить, пользуясь уравнением состояния провода, приведённым к температуре. В уравнении состояния величины с индексом «1» относятся к исходному режиму, при котором $T_1 = T_{max}$:

а) если исходный расчетный режим –минимальная температура, то
$T_1 = T_{max}$; $t_1 = t_{min}$; $q_1 = g_п$;

б) если исходный расчетный режим – гололед с ветром, то
$T_1 = T_{max}$ $t_1 = t_r = -5^{C}C$; $q_1 = q_{rmax}$

в) если исходный расчетный режим – режим максимального ветра, то
$T_1 = T_{max}$ $t_1 = t_v = +5^{C}C$; $q_1 = q_{vmax}$

Величины с индексом «х» в уравнении состояния – это искомые значения натяжения несущего троса T_x, и соответствующие им значения температуры t_x и нагрузки q_x.

При этом, поскольку предстоит рассчитать зависимость натяжения несущего троса только от температуры T_x (t_x), без учета влияния дополнительных нагрузок от ветра и гололеда, то в данном случае следует принять $q_x = g_п$.

Значения произведений 24а и аES для несущего троса заданной подвески должны быть взяты из таблицы П1 [7, с. 166].

Определить натяжение нагруженного несущего троса в зависимости от температуры можно по формуле:

$$t_x = (t_1 - \frac{g_1^2 \cdot l_э^2}{24\alpha \cdot T_1^2} + \frac{T_1}{\alpha ES}) + \frac{g_x^2 \cdot l_э^2}{24\alpha \cdot T_x^2} - \frac{T_x}{\alpha ES},$$

где $t_1 = t_{min}$; $T_1 = T_{max}$; $g_1 = g_x = g_п$;

Е – модуль упругости материала, Мпа; [7, с. 166, табл. П1]

S - сечение провода, мм; [7, с. 166, табл. П1]

Упростим эту формулу, для чего определим постоянные коэффициенты для расчёта:

$$A = t_1 - \frac{g_1^2 \cdot l_э^2}{24\alpha \cdot T_1^2} + \frac{T_1}{\alpha ES};$$

$$B = \frac{g_x^2 \cdot l_э^2}{24\alpha};$$

$$C = \alpha ES$$

Уравнение состояния нагруженного троса принимает вид:

$$t_x = A + \frac{B}{T_x^2} - \frac{T_x}{C}$$

Далее, подставляя в формулу значения натяжений T_x с интервалом примерно 100 – 200даН от T_{max} до T_x – натяжения, которому будет соответствовать температура, примерно равная максимальному значению температуры t_{max} (по заданию), находим температуру, соответствующую этим натяжениям. Результаты расчётов заносим в таблицу 17.

Таблица 17. Изменение натяжений несущего троса в зависимости от температуры

T_x, даН	T_{max}	T_{max}-200	T_{max}-400	T_{max}-600	T_{max}-….
T_x, °C	t_{min}	---	---	---	$\approx t_{max}$

Если все постоянные коэффициенты для расчёта посчитаны правильно, то при максимальном натяжении должна получиться минимальная температура.

По данным таблицы на миллиметровой бумаге строим *монтажную кривую* натяжения несущего троса, по горизонтали откладываем значение температуры в масштабе: 1см = 10°С, по вертикали – значение натяжения несущего троса в масштабе: 1см = 100даН. Ось отмечаем в нулевом значении температуры.

Величину натяжения несущего троса при беспровесном положении контактного провода T_0 определяем по монтажной кривой натяжения несущего троса, взяв величину t_0 из практического занятия №8.

Порядок выполнения

1. Определить изменение натяжения несущего троса от температуры, данные расчетов занести в таблицу.
2. Построить кривую изменения натяжения несущего троса от температуры.
3. Определить натяжение несущего троса при беспровесном положении контактного провода.

Содержание отчета

1. Расчет изменения натяжения несущего троса от температуры.
2. Монтажная кривая изменения натяжения несущего троса от температуры.
3. Расчет натяжения несущего троса при беспровесном положении контактного провода.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Для чего необходимо рассчитывать и строить монтажную кривую натяжения несущего троса?
2. Что такое уравнение состояния провода?
3. Что показывает режим минимальной температуры?
4. Какие величины в уравнении состояния относятся к исходному расчётному режиму, а какие к искомому?
5. Как определить натяжение несущего троса, соответствующее беспровесному положению контактного провода?

Практическое занятие № 10

Расчет и построение стрел провеса несущего троса

Цель занятия: научиться рассчитывать стрелы провеса несущего троса в реальных пролётах анкерного участка, научиться строить монтажные кривые стрел провеса проводов.

Исходные данные: данные для расчётов взять из практических занятий №№ 8 и 9.

Краткие теоретические сведения

Монтажные кривые и таблицы используются в процессе монтажа контактной подвески в работах по регулировке проводов и тросов. До начала этих работ принимают высоту контактного провода при его беспровесном положении. Затем определяют температуру окружающего воздуха и по монтажной таблице определяют провес проводов в середине пролёта, изменение высоты расположения провода у опоры контактной сети по этим размерам изменяют вышеназванные параметры проводов. В других точках пролётов провес устанавливают так, чтобы обеспечивалось плавное изменение высоты контактного провода в средней части пролёта.

Для построения монтажных кривых, нужно рассчитать стрелы провеса несущего троса. Так как этот расчёт является продолжением предыдущих расчётов, то для их выполнения нужно воспользоваться кривой изменения натяжения несущего троса от температуры из предыдущего занятия.

Для расчёта монтажных кривых нужно задать значения температуры от t_{min} до t_{max} примерно с одинаковым интервалом, затем, пользуясь вышеназванной кривой, определить соответствующие этим температурам натяжения (T_x) и занести их в таблицу 18, ими же необходимо пользоваться при расчётах.

Стрелы провеса нагруженного контактным проводом несущего троса F_x для каждого из заданных действительных пролетов, входящих в анкерный участок, определяют по формуле:

$$F_X = \frac{(g_x + g_0 \cdot \frac{K}{T_0}) \cdot (l - 2 \cdot e)^2}{8 \cdot (T_x + K)} + \frac{(g_x \cdot l - g_{Tx} \cdot e) \cdot e}{2 \cdot T_x} \text{ ,м}$$

где g_x- вертикальная нагрузка на несущий трос от веса всех проводов контактной подвески, соответствующая расчетным условиям, даН/м;

g_0 - вертикальная нагрузка на несущий трос от веса всех проводов контактной подвески, при беспровесном положении контактного провода, даН/м;

g_{Tx} - нагрузка от веса несущего троса при расчетных условиях, даН/м;

T_x – натяжение несущего троса, соответствующее расчетной температуре;

е– расстояние от опоры до первой простой струны, таблица 12.

$$g_x = g_0 = g_n$$

$$g_{Tx} = g_{HT}$$

Допустим, что:

$$M = \frac{(g_x + g_0 \cdot \frac{K}{T_0}) \cdot (l - 2 \cdot e)^2}{1}$$

$$N = \frac{(g_x \cdot l - g_{Tx} \cdot e) \cdot e}{2},$$

Тогда формула стрелы провеса несущего троса примет вид:

$$F_X = \frac{M}{T_x + K} + \frac{N}{T_x},$$

Подставляя значения T_x из таблицы 18 производим расчёты.

По данным расчётов строим монтажные кривые для двух заданных пролетов между опорами контактной сети на миллиметровой бумаге.

Результаты расчетов сводим в таблицу 18 (см. практическое занятие № 11)

Порядок выполнения

1. Определить стрелы провеса нагруженного несущего троса.
2. Построить монтажные кривые.

Содержание отчета

1. Определение стрелы провеса нагруженного несущего троса.
2. Монтажные кривые для двух заданных пролетов между опорами контактной сети.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое стрела провеса несущего троса?
2. Почему в режиме минимальной температуры максимальному натяжению соответствуют минимальные стрелы провеса?
3. Что такое монтажная таблица и монтажные кривые?
4. Для чего необходимо строить монтажные кривые?

Практическое занятие № 11

Расчет и построение стрел провеса контактного провода

Цель занятия: научиться рассчитывать стрелы провеса контактного провода в реальных пролётах анкерного участка, научиться строить монтажные кривые стрел провеса проводов.

Исходные данные: данные для расчётов взять из практических занятий №№ 8 и 9.

Краткие теоретические сведения

Монтажные кривые и таблицы используются в процессе монтажа контактной подвески в работах по регулировке проводов и тросов. До начала этих работ принимают высоту контактного провода при его беспровесном положении. Затем определяют температуру окружающего воздуха и по монтажной таблице определяют провес проводов в середине пролёта, изменение высоты расположения провода у опоры контактной сети по этим размерам изменяют вышеназванные параметры проводов. В других точках пролётов провес устанавливают так, чтобы обеспечивалось плавное изменение высоты контактного провода в средней части пролёта.

Для построения монтажных кривых, нужно рассчитать стрелы провеса несущего троса, контактного провода и изменение высоты контактного провода у опоры контактной сети. Так как этот расчёт является продолжением предыдущих расчётов, то для их выполнения нужно воспользоваться кривой изменения натяжения несущего троса от температуры из предыдущего занятия.

Для расчёта монтажных кривых нужно задать значения температуры от t_{min} до t_{max} примерно с одинаковым интервалом, затем, пользуясь вышеназванной кривой, определить соответствующие этим температурам натяжения (T_x) и занести их в таблицу 18, ими же необходимо пользоваться при расчётах.

Расчёт стрелы провеса контактного провода для действительного пролёта производим по формуле:

$$f_{кх} = \frac{g_0 \cdot (l - 2e)^2 \cdot (T_0 - T_x)}{8 \cdot T_0 \cdot (T_x + K)}, \text{м}$$

Определим постоянный коэффициент для расчёта, соответствующий определённой длине пролёта *l*:

$$z = \frac{g_0 \cdot (l - 2e)^2}{8 \cdot T_0} \quad ,$$

Тогда формула стрелы провеса контактного провода примет вид:

$$f_{kx} = z \bullet \frac{(T_0 - T_x)}{(T_x + K)}$$

Подставляя значения T_x из таблицы 18, производим расчёты.

При беспровесном положении контактного провода $f_{кх}$=0.

Результаты расчетов сводим в таблицу 18.

Строим монтажные кривые: по горизонтальной оси откладываем значение температуры в прежнем масштабе, по вертикальной оси – значение стрелы провеса контактного провода в масштабе: 1см = 0.01м.

Расчет изменения высоты расположения контактного провода в пролёте «2е» будем производить по формуле:

$$\Delta h_{ex} = \frac{e \cdot (g_0 \cdot l - g_{HT} \cdot e)}{2} \cdot (\frac{1}{T_x} - \frac{1}{T_0}), \text{м}$$

Результаты расчетов сводим в таблицу 18.

По результатам расчётов строим монтажные кривые, масштаб выбираем такой же, как и для предыдущей кривой.

Таблица 18. Монтажная таблица

T_x ,°C	T_x, даН	l_1			l_2		
		F_x,м	$f_{кх}$,м	Δh_{ex}, м	F_x,м	$f_{кх}$,м	Δh_{ex},м
t_{min}							
…							
t_o							
…							
…							
…							
t_{max}							

Порядок выполнения

1. Определить стрелы провеса контактного провода в пролете l_1, l_2.
2. Определить изменение высоты расположения контактного провода у опоры контактной сети в пролете «2е».

Содержание отчета

1. Описание расчета стрелы провеса контактного провода в пролете l_1, l_2.
2. Описание расчета изменения высоты расположения контактного провода у опоры контактной сети в пролете «2е».
3. Монтажные кривые для двух заданных пролетов между опорами контактной сети.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое стрела провеса несущего троса, контактного провода?
2. На какую характеристику цепной контактной подвески влияет стрела провеса контактного провода?
3. Почему в режиме минимальной температуры максимальному натяжению соответствуют минимальные стрелы провеса?
4. Что такое монтажная таблица и монтажные кривые?
5. Для чего необходимо строить монтажные кривые?

Практическое занятие №12

Подбор типовых консолей контактной сети

Цель занятия: научиться выбирать консоли для промежуточных, переходных опор и опор средней анкеровки.

Исходные данные: радиус кривой и глубина выемки в таблице 19.

Таблица 19 - Радиусы кривых и глубина выемки

Вариант / рельеф	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кривая R,м	300	700	1200	1400	1100	500	900	1500	1800	800
Выемка H,м	5	7	10	12	5	7	10	12	7	10

Краткие теоретические сведения

Для поддержания проводов на заданном уровне от головки рельсов служат консольные поддерживающие устройства. Консоли, используемые для крепления проводов цепной контактной подвески, как правило, выбирают однопутные – исключающие 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.

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.

Для контактной сети переменного тока следует выбрать изолированные консоли, а для контактной сети постоянного тока – неизолированные.

Габарит опор и сооружений определяется по таблице 7.

Порядок выполнения

1. Определить габариты опор для прямого участка пути, для опоры на внешней и внутренней сторонах кривой, для опоры на выемке.

2. Подобрать типовые консоли для установки на промежуточной опоре контактной сети на участке постоянного тока:

– на прямом участке пути;

– на внутренней стороне кривой;
– на внешней стороне кривой;
- на выемке.

Считать на прямом участке пути зигзаг к опоре контактной сети.

Данные свести в таблицу 20.

Подбор типовых консолей для пунктов 2 - 4 следует производить пользуясь [8, с. 52, таблица 4, с.53, таблица 5].

3. Подобрать типовые консоли для установки на промежуточной опоре контактной сети на участке переменного тока:

– на прямом участке пути;
– на внутренней стороне кривой;
– на внешней стороне кривой;
- на выемке.

Считать на прямом участке пути зигзаг от опоры контактной сети.

Данные свести в таблицу 20.

Таблица 20. Подбор типовых консолей

Тип опоры	Место установки опоры и ветвь подвески	Габарит опоры	Тип консоли
1.Промежуточная	Постоянный ток		
	прямая		
	внешняя сторона кривой		
	внутренняя сторона кривой		
	прямая, выемка		
2.Промежуточная	Переменный ток		
	прямая		
	внешняя сторона кривой		
	внутренняя сторона кривой		
	прямая, выемка		
3.Переходная, неизолирующее сопряжение	прямая, опора А: рабочая ветвь		
	анкеруемая ветвь		
	опора Б: рабочая ветвь		
	анкеруемая ветвь		
4.Средняя анкеровка	прямая		

4. Подобрать типовые консоли для установки на переходных опорах неизолирующего сопряжения участка контактной сети переменного тока, на прямом участке пути.

Данные свести в таблицу 20.

5. Начертить схему средней анкеровки и подобрать консоли для опоры средней анкеровки компенсированной контактной подвески переменного тока на прямом участке пути.

Данные свести в таблицу 20.

Содержание отчета

1. Значения габаритов опор для прямого участка пути, для опоры на внешней и внутренней сторонах кривой, для опоры на выемке.
2. Подобранные типовые консоли для установки на промежуточной опоре контактной сети на участках постоянного тока.
3. Подобранные типовые консоли для установки на промежуточной опоре контактной сети на участках переменного тока.
4. Подобранные типовые консоли для установки на переходных опорах неизолирующего сопряжения участка контактной сети переменного тока, на прямом участке пути.
5. Схема средней анкеровки и подбор консолей для опоры средней анкеровки компенсированной контактной подвески переменного тока на прямом участке пути.
6. Заполненная таблица 20.
7. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Какими бывают поддерживающие конструкции контактной сети?
2. Назовите преимущества изолированных консолей контактной сети.
3. На какую нагрузку работает дополнительный стержень фиксатора?
4. От чего зависит выбор типа консоли для опоры контактной сети?
5. От чего зависит выбор типа тяги консоли для опоры контактной сети?

Практическое занятие № 13

Расчет изгибающего момента, действующего на опору и подбор промежуточной опоры контактной сети

Цель занятия: научиться рассчитывать нагрузки, действующие на опору контактной сети, установленную на кривом участке пути; выбирать по рассчитанному изгибающему моменту опору контактной сети.

Исходные данные:; тип фиксаторов и консолей выбрать из практических занятий №№ 3 и 12 соответственно; длина пролёта указывается преподавателем; вес консолей и фиксаторов и гололеда на них выбрать из табл.21, нагрузки от веса проводов контактной сети $g_п$, $g_г$, $p_{кп}$, $p_{нт}$, $p_{гкп}$, $p_{гнт}$ выбираются из практического занятия №4, характеристики климатических условий следует выбрать из практического занятия №4.

Краткие теоретические сведения

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

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

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

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

Фиксирующие опоры не несут нагрузок от массы проводов и воспринимают только горизонтальные нагрузки от изменения направления проводов на кривых участках пути, на воздушных стрелках, при отходах на анкеровку и от давления ветра на провода.

По типу закрепляемых на опорах поддерживающих устройств контактной сети различают:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Таблица 21. Вертикальные нагрузки от веса консоли и фиксатора с учётом веса гололёда

консоли		
тип	масса, кг ($G'_{кн}$)	вес гололеда ($G^{г}_{кн}$)
ИТР-ll, ИТС-11	22	10
ИР-11, ИС-11	40	10
НР-1-5, НС-1-5	66	10
НТС-11, НТРИ-1	40	20
фиксаторы		
ФП-3,ФП-25, ФО-3, ФО-25,ФПИ, ФОИ	4 - для одного к.п. 6 - для 2-х к.п.	---

Расчет изгибающего момента, действующего на опору контактной сети, будем производить согласно расчетной схеме (рис.6) для опоры, установленной в кривом участке пути.

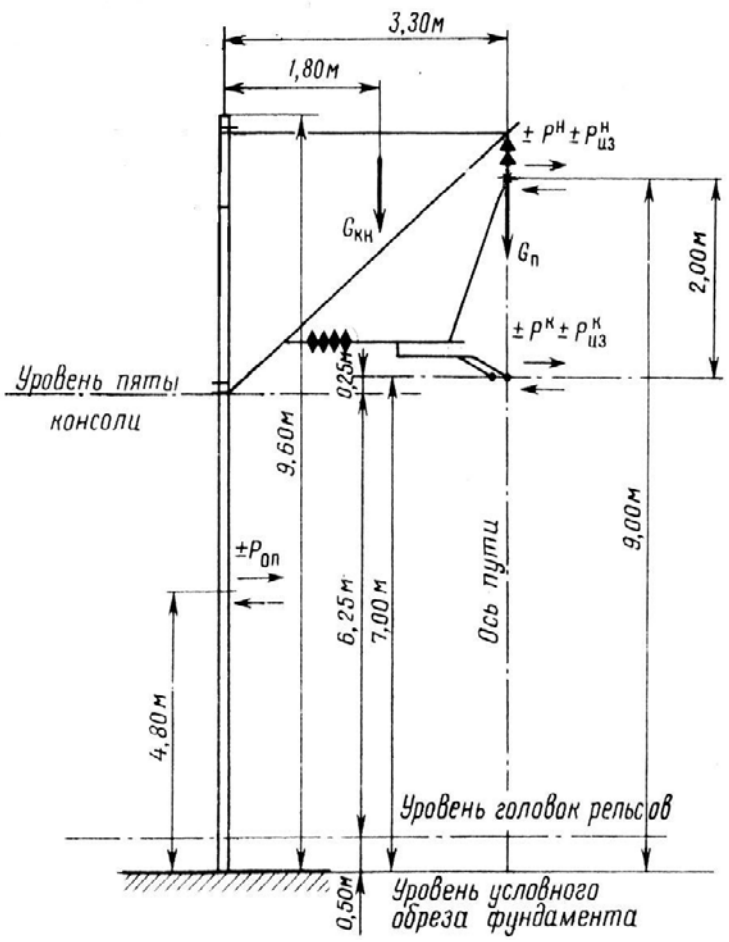


Рисунок 6. Расчётная схема для подбора консольной промежуточной опоры контактной сети.

В расчётах встречаются следующие обозначения:

$G_{П}$ – вертикальная нагрузка от веса проводов контактной подвески;

$h_{ОП}$=9,6м – высота опоры;

$h_{К}$, $h_{Т}$ – высота точек приложения горизонтальных сил относительно основания опоры в местах крепления, соответственно, контактного провода и несущего троса;

$z_{КН}$=1,8м – плечо вертикальных усилий от веса консоли;

а – зигзаг контактного провода, м;

Г – габарит опоры, в зависимости от радиуса кривой и места установки опоры.

$d_{ОП}$=0,44м – диаметр опоры на уровне условного обреза фундамента.

Нормативные нагрузки, действующие на опору контактной сети определяют в следующем порядке:

-*Вертикальные нагрузки от веса проводов контактной подвески:*

в режиме максимального ветра и минимальной температуры:

$$G_n = g_n \cdot l \text{, даН,}$$

где l – длина пролета (кривой участок пути), м.

в режиме гололеда с ветром:

$$G_n^Г = (g_n + g_Г) \cdot l \text{,даН}$$

Таблица 22. Нормативные нагрузки от веса проводов контактной сети

Нагрузки	Значения нагрузок на провода контактной сети для расчетных режимов, даН/м		
	гололеда с ветром	максимального ветра	минимальной температуры
от веса: 1).проводов контактной подвески 2).гололеда на проводах контактной подвески	$\mathbf{g_{гп}}$	$g_п$ ----	$g_п$ ----
от давления ветра: на несущий трос на контактный провод	$p_{гнт}$ $p_{гкп}$	$p_{нт}$ $p_{кп}$	$p_{нт}$ $p_{кп}$

Вертикальные нагрузки от веса консоли с учетом части веса фиксатора.

в режиме максимального ветра и минимальной температуры:

$$G_{кн} = G_{кн}^{'} + G_ф \text{, даН}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$G_{КНГ} = G_{кн} + G_{кн}^Г \text{, даН}$$

Горизонтальные нагрузки от давления ветра на провода контактной подвески.

в режиме максимального ветра и минимальной температуры:

$$P_{нт} = p_{нт} \cdot l \text{, даН}$$

$$P_{кп} = p_{кп} \cdot l \text{, даН}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$P_{Гнт} = p_{Гнт} \cdot l \text{, даН}$$

$$P_{Гкп} = p_{Гкп} \cdot l \text{, даН}$$

Горизонтальные нагрузки от давления ветра на опору контактной сети.

в режиме максимального ветра:

$$P_{оп} = c_x \cdot \frac{v_{\max}^2}{16} \cdot S_{оп} \text{, даН,}$$

где c_x=0,7 – аэродинамический коэффициент лобового сопротивления для опоры контактной сети.

$S_{оп}$-площадь диаметрального сечения опоры, $S_{оп}$=3,46 м^2.

в режиме гололеда с ветром:

$$P_{оп} = c_x \cdot \frac{v_Г^2}{16} \cdot S_{оп} \text{, даН}$$

Горизонтальные нагрузки от изменения направления провода на кривой рассчитывают для несущего троса и контактного провода.

<u>*для несущего троса:*</u>

в режиме максимального ветра:

$$P_{из}^T = 0{,}9 \cdot H_{\max} \cdot \frac{l}{R} \text{, даН}$$

в режиме минимальной температуры:

$$P_{из}^T = H_{\max} \cdot \frac{l}{R} \text{, даН}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$P_{из}^{Т} = 0.85 \cdot H_{\max} \cdot \frac{l}{R}, \text{ даН}$$

для контактного провода:

$$P_{из}^{к} = K \cdot \frac{l}{R}, \text{ даН}$$

Натяжение контактного провода для всех режимов остаётся постоянным, т.к. его анкеровка регулируемая.

Данные расчетов для необходимо занести в таблицу 23.

Таблица 23. Нормативные нагрузки, действующие на опору контактной сети

Расчетный режим	Нормативные нагрузки, даН						
	$G_п$	$G_{кн}$	$Р_{НТ}$	$Р_{из}^{т}$	$Р_{кп}$	$Р_{из}^{к}$	$Р_{оп}$
максимального ветра							
гололеда с ветром							
минимальной температуры			----		----		----

После выполнения расчетов нормативных нагрузок приступаем к расчету изгибающего момента относительно условного обреза фундамента. изгибающие моменты необходимо рассчитывать для всех случаев расположения опор контактной сети (на внешней и внутренних сторонах кривой) и условий воздействия ветра- к полю и к пути.

Для опоры, расположенной на внешней стороне кривой при наиболее неблагоприятном направлении ветра *(к полю):*

в режиме максимального ветра:

$$M_0 = G_п \cdot (Г + 0{,}5 \cdot d_{оп}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + (P_{НТ} + P_{из}^{Т}) \cdot h_Т + (P_{кп} + P_{из}^{к}) \cdot h_к + P_{оп} \cdot \frac{h_{оп}}{2}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$M_0^{Г} = G_п^{Г} \cdot (Г + 0{,}5 \cdot d_{оп}) + G^{Г}{}_{кн} \cdot z_{кн} + (P_{НТ}^{Г} + P_{из}^{Т}) \cdot h_Т + (P_{кп}^{Г} + P_{из}^{к}) \cdot h_к + P_{оп} \cdot \frac{h_{оп}}{2}$$

в режиме минимальной температуры:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0{,}5 \cdot d_{оп}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + P_{из}^{Т} \cdot h_Т + P_{из}^{к} \cdot h_к$$

Изгибающий момент на внутренней стороне кривой
<u>ветер к пути:</u>

в режиме максимального ветра:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0{,}5 \cdot d_{оп}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + (P_{НТ} - P_{из}^{Т}) \cdot h_Т + (P_{кп} - P_{из}^{к}) \cdot h_к + P_{оп} \cdot \frac{h_{оп}}{2} \quad (4.16)$$

в режиме гололеда с ветром:

$$M_0^{Г} = G_n^{Г} \cdot (\Gamma + 0{,}5 \cdot d_{оп}) + G_{кн}^{Г} \cdot z_{кн} + (P_{НТ}^{Г} - P_{из}^{Т}) \cdot h_Т + (P_{кп}^{Г} - P_{из}^{к}) \cdot h_к + P_{оп} \cdot \frac{h_{оп}}{2}$$

в режиме минимальной температуры:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0{,}5 \cdot d_{оп}) + G_{кн} \cdot z_{кн} - P_{из}^{Т} \cdot h_Т - P_{из}^{к} \cdot h_к$$

<u>ветер к полю:</u>

в режиме максимального ветра:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0{,}5 \cdot d_{оп}) + G_{кн} \cdot z_{кн} - (P_{НТ} - P_{из}^{Т}) \cdot h_Т - (P_{кп} - P_{из}^{к}) \cdot h_к - P_{оп} \cdot \frac{h_{оп}}{2}$$

в режиме гололеда с ветром:

$$M_0^{Г} = G_n^{Г} \cdot (\Gamma + 0{,}5 \cdot d_{оп}) + G_{кн}^{Г} \cdot z_{кн} - (P_{НТ}^{Г} - P_{из}^{Т}) \cdot h_Т - (P_{кп}^{Г} - P_{из}^{к}) \cdot h_к - P_{оп} \cdot \frac{h_{оп}}{2}$$

в режиме минимальной температуры:

$$M_0 = G_n \cdot (\Gamma + 0{,}5 \cdot d_{оп}) + G_{кн} \cdot z_{кн} + P_{из}^{Т} \cdot h_Т + P_{из}^{к} \cdot h_к$$

По наибольшему изгибающему моменту выбираем опору контактной сети, пользуясь таблицей 24.

Таблица 24. Основные характеристики опор контактной сети типа С, СО, СС

	СО 108.6-1				
	СС 108.6-2				12

3					12
	СО 108.7-4 СС 108.7-4				12
	СО13.6-1 СС136.6-1				
	С0136.6-2 СС136.6-2				12
	С0136.6-3 СС136.6-3				12
					14
	СС156.6-5				
	СС156.6-6				
	СС156.6-7				
	СС156.7-8				

Порядок выполнения

1.Определить вертикальные нагрузки от веса проводов контактной сети.

2. Определить вертикальные нагрузки от веса консолей и фиксаторов.

3. Определить горизонтальные нагрузки от давления ветра на провода контактной подвески.

4. Определить горизонтальные нагрузки от давления ветра на опору контактной сети.

5. Определить горизонтальные нагрузки от изменения направления провода на кривой.

6. Рассчитать изгибающий момент относительно условного обреза фундамента для опоры, установленной на внешней стороне кривой.

7. Рассчитать изгибающий момент относительно условного обреза фундамента для опоры, установленной на внутренней стороне кривой.

8. Произвести выбор типа опоры контактной сети.

Содержание отчета

1. Значения вертикальных нагрузок от веса проводов контактной сети.

2. Значения вертикальных нагрузок от веса консолей и фиксаторов.

3. Значения горизонтальных нагрузок от давления ветра на провода контактной подвески.

4. Значения горизонтальных нагрузок от давления ветра на опору контактной сети.

5. Значения горизонтальных нагрузок от изменения направления провода на кривой.

6. Расчет изгибающего момента относительно условного обреза фундамента для опоры, установленной на внешней стороне кривой.

7. Расчет изгибающего момента относительно условного обреза фундамента для опоры, установленной на внутренней стороне кривой.

8. Выбранный тип опоры контактной сети.

9. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Почему для выбора типа опоры контактной сети выбирают наиболее неблагоприятные условия её расположения?
2. Какие нагрузки воспринимают опоры контактной сети?
3. Какие опоры при выборе являются наиболее преимущественными?
4. В каких случаях применяются металлические опоры контактной сети?
5. Почему металлические опоры контактной сети применяют только для опор гибких поперечин и опор питающих линий в местах их подключения?
6. Исходя из каких условий выбирают высоту опоры контактной сети?

Практическое занятие № 14

Выбор способа закрепления опоры в грунте

Цель занятия: научится определять способы заделки в грунт типовых железобетонных опор, высотой 10,8 м и 13,6 м.

Исходные данные: Исходные данные выбираются из таблицы 25 согласно положению фамилии студента в журнале.

Таблица 25. Исходные данные

№ варианта	Тип опоры	Рельеф местности	Габарит опоры	Действующие моменты (относительно УОФ) $М^{н}_{ф}$		Доля постоянной нагрузки
				к пути	от пути	
1	С136.6-1	насыпь	3,1	60	42	90
2	СО136.6-1	насыпь	3,4	52,4	50,3	80
3	С108.6-1	выемка	4,9	58,2	47,3	70
4	СО108.6-1	выемка	5,7	63,1	52,4	60
5	С136.6-2	насыпь	3,4	66,4	58,5	50
6	СО136.6-2	выемка	4,9	50,6	48,8	40

7	С108.6-2	выемка	5,7	62	58	30
8	СО108.6-2	насыпь	3,1	55	50	20
9	С136.6-2	выемка	4,9	64	57	35
10	СО136.6-2	насыпь	3,4	61	53	75

Опоры устанавливают на насыпи высотой 1,5м без присыпки, расчетное сопротивление грунта составляет 0,15 МПа.

Краткие теоретические сведения

Опоры контактной сети могут быть закреплены в земле непосредственной заделкой их нижней части в грунт или с использованием различных фундаментов – массивных элементов, заглубляемых в землю.

Все типы и виды устройств, обеспечивающие устойчивость опор, называют закреплением опор в грунте. Если такое устройство состоит из нескольких отдельных частей, то под закреплением опоры понимают совокупность всех этих частей.

В обычные грунты консольные железобетонные опоры устанавливают в заранее отрытые котлованы. В условиях сульфатной агрессивности грунтов – на одиночные фундаменты. При установке опор на насыпях с габаритом 3,4 м грунт присыпают. В выемке опоры устанавливают с увеличенным габаритом 4,9-5,7 м за кюветом. Для усиления закрепления опор применяют лежни - железобетонные плиты шириной 500 мм и длиной 1000 мм (тип I) или 1800 (тип II), устанавливаемые горизонтально по отношению к опорам. Лежни крепят к опорам мягкой проволокой диаметром 6 мм. Обычно используют только верхние лежни, но иногда и нижние.

Рассмотрим, как осуществляется подбор конструкций для закрепления опор в грунте.

Поправочный коэффициент для расчета допускаемых моментов определяется:

Доля постоянной нагрузки, %	**10**	**20**	**35**	**50**	**60**	**80**	**100**
поправочный коэффициент	**1,49**	**1,24**	**1,00**	**0,3**	**0,65**	**0,65**	**0,5**

В соответствие с расчетным сопротивлением грунта, габаритом опоры и направлением действия момента по таблицам 8.14 и 8.19 [5, с. 297] определяем табличные значения допускаемых моментов $М^{н}_{гр\ табл}$. Затем, уточняем допускаемые моменты $М^{н}_{гр}$ с учетом поправочных коэффициентов по формуле:

$$М^{н}_{гр} = К_{п} * М^{н}_{гр\ табл}, \text{ кН м}$$

Расчет производим для двух действующих моментов: *к пути* и *от пути* -и двух условий: без лежней и с лежнями.

Сравним полученные таким образом допускаемые моменты с действующими моментами по заданию согласно условию:

$$М^{н}_{ф} < М^{н}_{гр}$$

Путем сравнения определим способ установки опоры – с лежнями или без лежней.

Порядок выполнения

1. Определить поправочный коэффициент.
2. Определить табличные значения допускаемых моментов (по заданию).
3. Рассчитать допускаемые моменты с учетом поправочного коэффициента для действующих моментов двух направлений *к пути* и *от пути* и двух условий: без лежней и с лежнями.
4. Сравнить рассчитанные моменты с действующими (по заданию) и выбрать способ закрепления опоры в грунте.

Содержание отчета

1. Описать способ определения поправочного коэффициента.
2. Табличные значения допускаемых моментов (по заданию).
3. Расчет допускаемых моментов с учетом поправочного коэффициента для действующих моментов двух направлений *к пути* и *от пути* и двух условий: без лежней и с лежнями.
4. Описать порядок сравнения рассчитанных моментов с действующими (по заданию) и выбор способа закрепления опоры в грунте.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как называют типы и виды устройств, обеспечивающие устойчивость опоры?
2. Что такое основание грунта?
3. По каким признакам классифицируют грунты?
4. Какие существуют способы закрепления опор в грунте?
5. Как закрепляют лежни на опорах?
6. В каких случаях опоры устанавливают на фундамент?

Практическое занятие №15
Изучение конструкции разрядников

Цель занятия: используя наглядные пособия, изучить конструкцию разрядников, применяемых на контактной сети.

Исходные данные: Задаются преподавателем.

Таблица 26. Исходные данные

№ варианта	Тип разрядника
1	роговый
2	трубчатый
3	ограничитель перенапряжения

Краткие теоретические сведения

Разрядники используются для защиты электрической изоляции контактной сети от опасных воздействий перенапряжений.

Основными элементами разрядников являются искровые промежутки (воздушные промежутки между электродами) или искровые промежутки с последовательно включёнными нелинейными сопротивлениями. Искровые промежутки включаются между фазой и землёй параллельно защищаемой изоляции. Одной из важных характеристик всякого разрядника является вольт – секундная характеристика его промежутка. Вольт – секундная характеристика представляет собой зависимость импульсных разрядных напряжений от предразрядного времени. В нормальном режиме работы разрядники не имеют замкнутой электрической цепи, так как являются воздушным диэлектриком, и ток через них не проходит. Когда перенапряжение достигает величины, определяемой вольт – секундной характеристикой разрядника, происходит его срабатывание, т.е. промежуток разрядника пробивается, соединяя фазу защищаемой изоляции с землёй и отводя электрические заряды опасной волны перенапряжений в землю через искровой разряд.

Вольт – секундная характеристика разрядника должна располагаться ниже вольт – секундной характеристики изоляции. В силу этого опасная волна перенапряжений приводит к срабатыванию разрядника и отводится через разряд искрового промежутка в землю, а провод линии соединяется с землёй. Как только заряды опасной волны перенапряжений линии будут отведены в землю, а потенциал на защищаемом участке линии снизится до безопасного уровня, через разрядник начинает проходить ток, поддерживаемый рабочим напряжением установки и представляющий собой ток короткого замыкания на землю. Протекающий через разрядник ток при рабочем напряжении промышленной частоты носит название сопровождающего тока.

В искровом разряднике нет устройства для гашения дуги сопровождающего тока и, поэтому ток поддерживается до тех пор, пока не отключится выключатель. После отключения выключателя линия обесточивается и прерывается электроснабжение потребителя.

Искровой разрядник (защитный промежуток) является простейшей конструкцией разрядника, в которой воздушный промежуток создаётся между двумя электродами, выполненными в виде рогов (роговые разрядники). В таких промежутках образующаяся электрическая дуга под действием электродинамических сил и потоков воздуха перемещается вверх по электродам, растягивается и гаснет. Один из электродов разрядника присоединяется к защищаемой изоляции линии контактной сети, а другой заземляется. На контактной сети один искровой промежуток может перекрываться птицами, садящимися на электроды. Для предотвращения таких перекрытий используют роговые разрядники с двумя последовательными искровыми промежутками, величина каждого воздушного промежутка у такого рогового разрядника составляет при номинальном напряжении 3 кВ – 5^{+1} мм, а при напряжении 27,5 кВ – 45^{+5} мм.

Основным недостатком роговых разрядников является отсутствие устройства для гашения дуги сопровождающего тока. В связи с этим такие разрядники рекомендуется устанавливать только на тех участках, которые оборудованы автоматикой повторного включения.

Несмотря на отмеченные недостатки, роговые разрядники в силу своей простоты и дешевизны находят широкое применение в схемах защиты от перенапряжений [5]. Распространению таких разрядников способствует наличие и развитие электрических сетей, обеспечивающих взаимное резервирование, развитие и совершенствование системной автоматики и мероприятия по ограничению перенапряжений.

Трубчатые разрядники отличаются от защитных искровых промежутков прежде всего тем, что они самостоятельно гасят дугу сопровождающего тока (обычно газами, выделяющимися из газогенерирующего вещества трубки под действием дуги) в течение короткого времени, которое меньше, чем время срабатывания релейной защиты. Благодаря этому линии при работе трубчатых разрядников не отключаются. Основу разрядника составляет полая изоляционная трубка, её внутренние стенки выполнены из твёрдого газогенерирующего вещества, которое под действием высокой температуры дуги выделяет большое количество газов. В качестве такого материала применяется фибра, винипласт, органическое стекло. Внутренний разрядный промежуток легко регулируется. Между электродом разрядника и токоведущей частью защищаемого участка линии выполняется внешний (наружный) искровой промежуток, служащий для отделения разрядника в нормальных условиях работы от рабочего (номинального) напряжения токоведущей части. Наличие этого промежутка устраняет возможность появления токов утечки по поверхности разрядника, которые с течением времени могли бы ухудшить состояние поверхности и вызвать по ней перекрытие трубки.

Работа разрядника состоит в следующем. После пробоя внешнего отделительного промежутка импульсной волной перенапряжения, пробивается внутренний промежуток и опасная волна перенапряжений отводится в землю, а под действием дуги сопровождающего тока внутри трубки в промежутке создаётся интенсивное газообразование. Давление газов в трубке резко возрастает до нескольких десятков и сотен атмосфер (50-150 ат). Газы, устремляясь к открытому концу, создают интенсивное продольное дутьё, обеспечивающее гашение дуги сопровождающего тока при первом прохождении тока через ноль. Наличие объёма помогает гашению дуги, так как во время работы разрядника воздух в этом объёме

сжимается под действием давления газов в трубке, а при приближении тока к нулевому значению, когда генерация газа уменьшается и давление его в промежутке стремится понизиться, сжатый в свободном объёме воздух поддерживает необходимое давление, создавая дополнительное дутьё газов.

Выход газов из трубки сопровождается сильным звуком и выхлопом раскалённых газов. Во избежание дугового перекрытия с разрядника на землю или токоведущую часть другой фазы, необходимо обеспечить около разрядника свободную зону.

После погасания дуги разрядник в состоянии справиться со следующим разрядом и гашением дуги, так как трубчатые разрядники рассчитываются на многократную работу, допуская до трёх-четырёх срабатываний подряд.

Ограничители перенапряжений (ОПН) предназначены для защиты контактной сети постоянного и переменного тока электрифицированных железных дорог от грозовых перенапряжений и устанавливаются в местах, где предусмотрено применение роговых разрядников. При появлении в контактной сети грозового перенапряжения, опасного для оборудования, вследствие высокой нелинейности сопротивления резисторов, через ограничитель протекает значительный импульсный ток, в результате чего величина перенапряжения снижается до уровня, безопасного для изоляции контактной сети.

Нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) не имеют искровых промежутков. Степень нелинейности их рабочих сопротивлений такова, что они выдерживают длительное воздействие рабочего напряжения, пропуская ток, измеряемый долями миллиампера. При перенапряжениях ток увеличивается до сотен и тысяч ампер, что и приводит к ограничению перенапряжений. Эта особенность ОПН определяет возможность значительно более глубокого ограничения перенапряжений, чем при использовании разрядников.

Ограничитель перенапряжений представляет собой защитный аппарат, содержащий оксидно-цинковые высоконелинейные резисторы, заключенные в герметичную покрышку (герметичность обеспечивается резиновыми уплотнительными кольцами). Ограничитель снабжен предохранительным устройством, обеспечивающим взрывобезопасность ОПН при протекании тока короткого замыкания.

Ввиду того, что не исключена возможность повреждения ОПН (например, током прямого удара молнии, превышающем пропускную способность ОПН), контактная сеть может оказаться заземлённой через повреждённый ограничитель. Поэтому до накопления опыта эксплуатации и получения достаточных данных о вероятности повреждений подключение ОПН к контактной сети производится через роговой разрядник с одним разрывом, замкнутым медной проволокой диаметром 1,4мм. Величина зазора между роговыми электродами составляет 102мм на постоянном токе и 80+5мм на переменном токе.

В случае повреждения ограничителя проволока сгорает, ограничитель отключается от контактной сети. При повторном включении контактная сеть остаётся в рабочем состоянии. Роговый разрядник продолжает осуществлять свои функции по защите, а повреждённый ограничитель выявляется при первом осмотре контактной сети.

Применение ОПН на контактной сети позволяет повысить надёжность изоляции контактной сети за счёт снижения уровня грозовых перенапряжений;

исключить срабатывания фидерных выключателей тяговых подстанций и постов секционирования при грозовых воздействиях и снизить расходы на их обслуживание; сократить эксплуатационные расходы на обслуживание ОПН по сравнению с роговыми и рубчатыми разрядниками на 85-90%.

Места установки разных типов разрядников указаны в [5].

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с конструкцией заданного типа разрядника. Зарисовать конструкцию.
2. Дать описание принципа действия разрядника, используя вольт – секундные характеристики.
3. Охарактеризовать места установки разрядников.

Содержание отчета

1. Описание конструкции заданного типа разрядника. Рисунок.
2. Описание принципа действия разрядника на основе вольт-секундной характеристики.
3. Характеристика мест установки разрядников [5]. **Сноску перенести в текст.**
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как защищается контактная сеть от перенапряжений.
2. Как работают роговые разрядники?
3. Какова величина искровых промежутков роговых разрядников для постоянного и переменного токов?
4. Как работают трубчатые разрядники?
5. Как работают ограничители перенапряжений?
6. В каких местах устанавливают разрядники и ограничители перенапряжений при постоянном и переменном токе?

Практическое занятие № 16

Исследование работы защитных устройств в цепи заземления

Цель занятия: используя наглядные пособия, изучить конструкцию и принцип действия искровых промежутков и диодных заземлителей.

Исходные данные: Вариант исходных данных задается преподавателем.

Таблица 27. Исходные данные

№ варианта	Тип защитного устройства
1	Искровой промежуток типа ИПМ
2	Искровой промежуток типа ИПВ-ЦНИИ
3	Диодный заземлитель ЗД-1

Краткие теоретические сведения

Все металлические сооружения (мосты, путепроводы, опоры, и т.п.), на которых крепятся элементы контактной сети, детали крепления контактной сети

на железобетонных опорах, на железобетонных и неметаллических искусственных сооружениях, а также отдельно стоящие металлические конструкции, расположенные на расстоянии менее 5 м от частей контактной сети, находящихся под напряжением, должны быть заземлены или оборудованы устройствами защитного отключения при попадании на сооружения и конструкции высокого напряжения (рисунок 7).

Заземлению подлежат все расположенные в зоне влияния контактной сети переменного тока металлические сооружения, на которых могут возникнуть опасные напряжения.

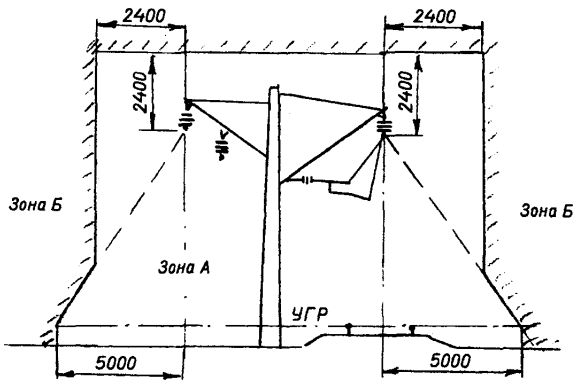


Рисунок 7. Зона заземления на тяговую рельсовую цепь (зона А), зона не требующая заземления (зона Б)

Заземление опор контактной сети и находящихся вблизи напряжения сооружений выполняются индивидуальными или групповыми заземляющими проводниками, присоединенными к тяговым рельсам или средним точкам путевых дроссель-трансформаторов стальным прутком диаметром не менее 12 мм на участках постоянного тока и 10 мм - на участках переменного тока.

Защитные заземления опор контактной сети создают для блуждающих токов цепь «рельс – опора – фундамент - земля», приводящую к электрической коррозии анкерных болтов фундаментов и арматуры железобетонных опор. Для предотвращения этого явления, а также для обеспечения нормального функционирования релейных цепей автоблокировки и электрической централизации, заземление на тяговую рельсовую цепь выполняется через специальные защитные устройства, препятствующие утечке тока с рельсов через конструкцию в землю. Для этого на опорах контактной сети устанавливают искровые промежутки, диодные и диодно-искровые заземлители[5,с.321].

Перед установкой в цепь заземления опоры контактной сети новые искровые промежутки регулируют, бывшие в употреблении ремонтируют и регулируют. Для проверки искрового промежутка собирают схему. Вращают ручку мегаомметра и наблюдают за стрелкой вольтметра. При исправном искровом промежутке стрелка вольтметра отклонится в сторону увеличения напряжения до пробоя искрового промежутка (оно должно быть от 800 до 1200 В).

Проверка искровых промежутков в цепи заземления выполняется вольтметром или другими приборами, предназначенными для этих целей. Если стрелка

вольтметра (соответствующего рода тока, на шкале до 100 В) отклоняется - искровой промежуток исправен, если нет - закорочен (неисправен).

Измерения с проверкой исправности диодных заземлителей производятся мегаомметром на 500 В в прямом и обратном направлении. Диодный заземлитель исправен, если прямое электрическое сопротивление «опора-рельс» равно нулю, а обратное - равно или больше 100 кОм.

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с конструкцией заданного типа защитного устройства. Зарисовать конструкцию.
2. Дать описание принципа действия защитного устройства.
3. Охарактеризовать места установки защитного устройства. 4. Проанализировать функционирование защитного устройства при пробое изоляции.

Содержание отчета

1. Конструкция заданного типа защитного устройства. Рисунок защитного устройства.
2. Описание принципа действия защитного устройства.
3. Места установки защитного устройства.
4. Анализ работы защитного устройства при пробое изоляции.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Объясните назначение заземления опор контактной сети.
2. Назовите типы заземлений опор контактной сети защитных устройств.
3. Назовите типы защитных устройств.
4. Как проверяют исправность искровых промежутков?
5. Как проверяют исправность диодного заземлителя?

Практическое занятие № 17

Анализ износа контактного провода в анкерном участке

Цель занятия: рассмотреть на практике методы измерения износа контактного провода, научиться анализировать причины износа и рассчитывать средний износ контактного провода в анкерном участке.

Исходные данные: Вариант исходных данных задается преподавателем.

Таблица 28. Исходные данные

Исходные данные	№ варианта				
	1	2	3	4	5
Число прошедших поездов за год, $N_{эл}$	13870	14600	15330	16060	16790
Кратность тяги, a	1	1,5	1	1,5	1
Число электропоездов за год, $N_{эп}$	5110	4380	3650	2920	2190
Число секций, b	4	6	8	6	4
Износ контактных проводов по предыдущим измерениям (предыдущий год), $S^{I}_{и}$, мм^2	0,15	0,17	0,12	0,16	0,14
Марка контактного провода	МФ85	МФ100	МФО100	МФ120	МФ150

Высота измеренного сечения	h_1	10,72	11,70	10,43	12,82	14,4
	h_2	10,70	11,69	10,40	12,81	14,41
	h_3	10,69	11,68	10,44	12,8	14,43
	h_4	10,68	11,71	10,43	12,79	14,39
	h_5	10,69	11,69	10,44	12,77	14,4
	h_6	10,67	11,71	10,42	12,8	14,42
	h_7	10,70	11,72	10,40	12,81	14,41
	h_8	10,69	11,70	10,47	12,8	14,4
	h_9	10,71	11,69	10,44	12,79	14,41
	h_{10}	10,68	11,70	10,43	12,81	14,42

Краткие теоретические сведения

По исходным данным для анкерного участка контактной подвески можно определить значение среднего арифметического значения высоты контактного провода $h_{ср}$ по формуле:

$$\Delta h_{ср} = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + ... + h_n}{n}, \text{мм},$$

где:

$h_1 - h_n$ – высота измеренного сечения, мм, по заданию;

n – количество измерений.

По средней высоте сечения контактного провода $h_{ср}$ с помощью таблиц [2, приложение 3] определяется средний износ – среднюю площадь изношенной части сечения провода $S_и$, мм^2.

По данным последних и предыдущих измерений определяется средний износ провода в анкерном участке за период измерения по формуле:

$$\Delta S_и = S_и - S_и^I, \text{ мм}^2,$$

где

$S_и^I$, мм^2 – данные предыдущих измерений (по заданию).

Общее число проходов электроподвижного состава P определяется формулой:

$$P = \Sigma(N_{эл} \cdot a) + (N_{эп} \cdot b), 10^4 \text{ проходов токоприемника},$$

где:

$N_{эл}$ - число прошедших поездов с электрической тягой (по заданию),

a- кратность тяги (число электровозов в поезде),

$N_{эп}$ - число прошедших электропоездов (по заданию),

b – число секций в электропоезде.

Интенсивность изнашивания контактного провода в каждом анкерном участке устанавливают по среднему удельному износу контактного провода по формуле:

$$i_a = \frac{\Delta S_u}{P \cdot 10^{-4}}, \text{ мм}^2/\ 10^4 \text{ проходов токоприемника.}$$

Удельный износ контактного провода в анкерном участке используется при определении удельного износа контактного провода по всему участку (перегону).

По средней высоте и среднему износу контактного провода в анкерном участке можно сделать вывод о возможности дальнейшей эксплуатации контактного провода.

Порядок выполнения

1. Определить среднее арифметическое значение высоты контактного провода.
2. Определить среднюю площадь изношенной части сечения провода.
3. Определить общее число проходов токоприемников электроподвижных составов.
4. Определить удельный износ контактного провода в анкерном участке.

Содержание отчета

1. Привести среднее арифметическое значение высоты контактного провода.
2. Значение средней площади изношенной части сечения провода.
3. Число общего числа проходов токоприемников электроподвижных составов.
4. Значение удельного износа контактного провода в анкерном участке.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что такое износ контактного провода?
2. Какие виды износа контактного провода вам известны?
3. Для чего необходимо определять средний износ провода в анкерном участке?
4. В каком случае делается вывод о полной замене контактного провода?
5. Можно ли визуально определить возникновение износа контактного провода?
6. Какими способами измеряют износ контактного провода?

Практическое занятие № 18

Оформление наряда-допуска на производство работ

Цель занятия: научиться оформлять оперативную документацию на производство работ на контактной сети.

Исходные данные (задаются преподавателем):

1. Задание на содержание работы (табл.29.)
2. Схема питания и секционирования участка контактной сети задается преподавателем.
3. Задание на место работы и характеристика участка (табл.30).

Таблица 29. Содержание работы

№ варианта	Содержание работы
1	Монтаж вставки в контактный провод со снятием напряжения
2	Монтаж вставки в несущий трос со снятием напряжения
3	Проверка состояния и регулировка воздушной стрелки под напряжением
4	Проверка состояния и ремонт трехпролетного изолирующего сопряжения под напряжением
5	Проверка состояния и ремонт малогабаритного секционного изолятора под напряжением

Таблица 30. Место работы и характеристика участка

№ п/п	Поврежденное оборудование	Место повреж-дения	Характе-ристика участка	Номинальное напряжение к.с., кВ
1	Контактный провод	перегон	2 – путный	3,3
2	Несущий трос	перегон	1 – путный	3,3
3	Воздушная стрелка	станция	1 – путный	25,5
4	Изолирующее сопряжение	станция	2 – путный	25,5
5	Секционный изолятор	станция	2 – путный	25,5

Краткие теоретические сведения

Наряд – это задание на производство работы, определяющее её содержание, место, время, меры безопасности и лиц, которым поручено ее выполнение. На контактной сети по наряду выполняют работы со снятием напряжения и заземлением, под напряжением, вблизи частей, находящихся под напряжением.

Наряд выдается руководителю работ с V квалифицированной группой по ПТБ (или IV группой для некоторых работ со снятием напряжения).

Порядок заполнения наряда-допуска (наряда)

Исправление текста запрещается

В строке «Дата» указывается число, месяц и две последние цифры, обозначающие год (например:10.07.05 г.)

Время — час и минуты.

Вместе с фамилиями лиц, указываемых в наряде, вписываются их инициалы и группы по электробезопасности.

В наряде должны указываться диспетчерские наименования электроустановок, оборудования, коммутационных аппаратов, т.е. соответствовать выверенным и утвержденным схемам электропитания и электрического секционирования («ВЛ СЦБ», «КТП № 25», «А»).

В неподлежащих заполнению графах таблиц ставится знак Z, а в строках-прочерк.

Лицевая сторона наряда

В строках «Дистанция электроснабжения, район контактной сети» могут указываться принятые сокращения: Моск. Ж.д., ЭЧ-1, ЭЧК-1 или полные наименования по усмотрению выдающего наряд.

В строках «Ответственному руководителю работ, производителю работ, наблюдающему» фамилии пишутся в дательном падеже. В строке «с бригадой в составе» указывается количественный состав бригады арабской цифрой. В состав бригады при выполнении работ с моторно-рельсового транспорта, с применением грузоподъемных машин и механизмов входят соответственно машинист и бригада с грузоподъемных машин и механизмов.

При работах по обеспечению производства работ другим (сторонним) предприятиям в состав бригады входит только персонал дистанции, кроме работ, выполняемых командированным персоналом под руководством производителя работ района контактной сети.

Во всех случаях производитель работ в количественный состав бригады не входит.

В строке «поручается выполнить на …» — указывается наименование электроустановки, где будет производиться работа: контактная сеть, ВЛ СЦБ, ВЛ ПЭ, КТП, ТП и т.п.

При одновременной работе на нескольких элементах (частях) электроустановки, например, при переводе на новую опору контактной подвески и волновода, указывается контактная сеть и волновод или при ремонте КТП и замене спусков с линии ПЭ указывается ВЛ ПЭ и КТП.

В графе «№№ п/п» указывается арабскими цифрами последовательность поручаемых работ.

В графе «Категория …» указываются условия безопасного выполнения работы с точки зрения электробезопасности. Выдающий наряд определяет и указывает категорию работ.

Если работа производится со снятием напряжения, то делается запись «Со снятием напряжения и заземлением».

При определении условий производства работ указывается как производится работа:

на высоте с лестницы или с изолирующей съемной вышки, с изолирующей (заземленной) площадки автомотрисы (дрезины), с телескопической вышки, или с применением монтерских когтей и т.д;

при работах под напряжением должны указываться также места установки (наложения) стационарных или переносных шунтирующих штанг и перемычек, в зависимости от выполняемых работ;

при работах по разработке котлованов, вырубке деревьев и т.п. должен указываться способ выполнения работ (вручную или котлованокопателем, экскаватором, бульдозером и т.п.), с креплением стенок котлована или нет; при вырубке — топором, бензопилой, с установкой оттяжки и т.п., с применением монтажных приспособлений;

с ограждением односторонним, двухсторонним, при необходимости по 2-м путям с закрытием путей и съездов, с выдачей запрещения или предупреждения на поезда, с пропуском поездов с опущенным токоприемником.

Например: со снятием напряжения и заземлением, с изолирующей площадки АДМ, с выдачей запрещения на поезда и т.п.

«Краткое содержание работ»

Как правило, наименование работ должно соответствовать наименованию работ по технологическим картам, Правилам устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог, графику планово-предупредительных ремонтов (ППР).

При обеспечении работ, выполняемых другими (сторонними) предприятиями, должны указываться работы на устройствах, выполняемых персоналом дистанции, для обеспечения производства работ сторонней организации.

«Указание зоны и места работы»

Выдающий наряд должен указать зону работ:

наименование перегона или станции;

номера путей.

После указания зоны работы указываются места работ, т.е. номера опор, на которых производится работа, номера секционных изоляторов, воздушных стрелок и т.п., в зависимости от вида работ.

В графе «Наименование станции, подстанции, перегона» указывается место расположения коммутационного аппарата, с которым необходимо производить операции по включению или отключению для производства работ.

В настоящей графе должны указываться основные и резервные источники питания, принадлежащие другим предприятиям или подразделениям дистанции (ЭЧК или ЭЧС), ВЛ при сближении, пересечении и т.п., которые по условиям работы необходимо отключать и заземлять.

В графе «Включить» должны быть указаны диспетчерские наименования коммутационных аппаратов, с которыми необходимо произвести операции для безопасного производства работ (МВ, «Б», «ППС», «ПС»). При выполнении работ со снятием напряжения и заземлением также должны быть указаны коммутационные аппараты, находящиеся в зоне или месте работы.

В графе «Отключить» указывается диспетчерское наименование включенного коммутационного аппарата, который необходимо отключить (МВ, «Б», «ППС», «ПС», шлейфы врезных изоляторов), а также нормально отключенных коммутационных аппаратов, ограничивающих зону работы.

В графе «Установить заземления» выдающий наряд указывает место установки и количество заземлений, например:

на к/с оп. №: 8,12;

инвентарную (инв.) ДМС, АГВ, АДМ;

на ВЛ ПЭ оп. №, №;

на ВЛ-0,4 кВ фид. № …, оп….;

на спуски КТП — 10 кВ №: 5 оп….;

на волновод оп. № …

В указанной графе «Установить заземления» должны быть указаны также, в случае необходимости, места наложения заземлений на ВЛ, пересекающих или сближающихся с электроустановкой, на которой будет производиться работа.

Если эти линии (электроустановки) принадлежат другому подразделению (предприятию) в графе «Дополнительные меры безопасности..» должно быть

указано о необходимости проверки наложенных заземлений персоналом, эксплуатирующим эти линии.

В графах: «Дополнительные меры безопасности…» выдающий наряд указывает места, где запрещается производство работ, с указанием номеров опор, пролетов и т.п., аналогично указанию мест, где разрешается работа;

«Что остается под напряжением» — выдающий наряд указывает наименование проводов, ВЛ ПЭ, СЦБ, волновода и т.д., оставшихся под напряжением, к которым в процессе работы запрещено приближаться;

«Опасные места» — выдающий наряд должен указать их точное расположение с номерами опор или пролетов;

«Закрытие путей и съездов» — выдающий наряд должен указать номера путей, съездов и обязательно указать для всех видов подвижного состава или только для ЭПС.

Выдающий наряд должен указать меры безопасности, исключающие ошибочную подачу напряжения коммутационными аппаратами, отключаемыми (включаемыми) производителем работ, например — привод с/р «А» закрыть на замок, повесить запрещающие плакаты и т.п.

При выполнении работ под напряжением и вблизи частей, находящихся под напряжением, должно быть указано о наличии в бригаде заземляющей штанги. При выполнении работ вблизи частей, находящихся под напряжением, указать, что заземляющая штанга должна быть подсоединена к рельсу.

При заполнении наряда-допуска на проведение земляных работ необходимо указать об ограждении котлована, о предварительной шурфовке, о запрещении применять ломы при работе в зоне действующих кабелей и т.п.

При работах с грузоподъёмными механизмами (ГПМ) на автомобильном или гусеничном ходу указать об их заземлении. При работах в темное время суток указать об освещении рабочего места и т.д.

В строке «С применением грузоподъемных машин» выдающий наряд должен указать тип крановой установки (крана): например — крановой установки АДМ (АГВ) или крана на ж.д. ходу КДЭ, крана на автомобильном ходу.

В графе «Изменения в составе применяемых грузоподъемных машин» указываются грузоподъемные машины, *с* какими будет работать бригада в связи с изменением состава ГПМ.

Графы «Включены..», «Исключены..» заполняются согласно надстрочному тексту.

В графах «Дата», «время», «Разрешил (подпись)» указывается соответственно дата и время включения (исключения) машин и подпись выдающего наряд и производителя работ.

При изменении состава применяемых машин, в случае необходимости, следует внести изменения в состав бригады.

Оборотная сторона наряда

«Рабочее место подготовлено». Производитель работ после подготовки каждого рабочего места или после перерыва в работе в течение рабочего дня (рабочих дней) заполняет графу «Дата, время, подпись» в соответствии с подстрочным текстом.

«Состав бригады: фамилия, инициалы, группа».

Выдающий наряд указывает в строках этой графы фамилии, инициалы и группы членов бригады, в том числе машиниста автомотрисы, дрезины. Здесь указываются также наблюдающие и ответственный за безопасное производство работ кранами, если эти функции не выполняет производитель работ.

В графе «С характером работ ознакомлен, инструктаж от производителя работ получил» в строках «Дата, время, подпись» производитель работ указывает дату и время проведения инструктажа членам бригады перед допуском к работе. В соответствующих строках каждый член бригады расписывается о получении инструктажа.

Количество допусков, оформленных подписями членов бригады, должно соответствовать количеству рабочих мест в зоне производства работ и количеству перерывов в работе в течение рабочего дня (рабочих дней).

В графе «Допущены к работе» производитель работ в строках «Дата, время» указывает дату и время получения от дежурного ЭЧЦ приказа или дату и время получения от энергодиспетчера уведомления (разрешения) на выполнение работы при работах, выполняемых без приказа энергодиспетчера.

В строках «Подпись производителя работ» производитель работ ставит свою подпись.

Время получения приказа от ЭЧЦ, время проведение инструктажа членам бригады — разное время.

В графе «Окончание работ» производитель работ в строках «Дата, время» указывает дату и время получения от ЭЧЦ уведомления о перерывах по окончанию рабочего дня и после полного окончания работ: в строках «№ уведомления ЭЧЦ» указывает номер уведомления энергодиспетчера по окончании рабочего дня и после полного окончания работ.

В строках «Подпись производителя работ» производитель работ ставит свою подпись. Графа «Изменения в составе бригады» оформляется согласно подстрочному тексту лицом, выдающим наряд и подтверждается подписью производителя работ.

Вносящий изменения в составе бригады обязан записать фамилию, инициалы и группу вновь вводимых работников в графу «С бригадой в составе».

Строки «Наряд действителен до…», «Наряд выдал….» и т.д. заполняются согласно подстрочному тексту.

В строке «Наряд выдал….» указывается дата, должность, подпись выдавшего наряд.

Если при выполнении работ назначен ответственный руководитель работ, он указывается в наряде и ставит свою подпись.

Порядок выполнения

1. Записать исходные данные.
2. Изучить предложенную схему питания и секционирования контактной сети.
3. Заполнить наряд за выдающего, выбрав квалификацию лиц, внесенных в наряд. Определить технические мероприятия, обеспечивающие безопасность производства работ.
4. Закрыть наряды, сделать отметки в наряде.

Содержание отчета

1. Исходные данные.
2. Схема питания и секционирования контактной сети.
3. Заполненный наряд-допуск, выбранная квалификация лиц, внесенных в наряд. Перечень технических мероприятий, обеспечивающих безопасность производства работ.
4. Закрытый наряд–допуск.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1.Что обеспечивает выписка наряда-допуска на производство работ на контактной сети?

2.Назовите минимальное количество человек, выполняющих работы на контактной сети.

3. Сформулируйте категории работ в отношении мер безопасности при работах на контактной сети.

4. Назовите организационные мероприятия, обеспечивающие безопасность работ на контактной сети.

5. Сформулируйте технические мероприятия в отношении мер безопасности при работах на контактной сети со снятием напряжения.

6. Сформулируйте технические мероприятия в отношении мер безопасности при работах на контактной сети под напряжением.

7. В каких случаях вносят изменения в состав бригады, работающих на контактной сети?

8. Кто составляет наряд-допуск на работу бригады контактной сети и в скольких экземплярах?

9. Для производства каких работ наряд-допуск не требуется?

Практическое занятие № 19

Оформление оперативной документации на производство работ

Цель занятия: научиться оформлять оперативную документацию при производстве работ на контактной сети.

Исходные данные (задаются преподавателем):

1.Задание на содержание работы (табл.31)

2.Схема питания и секционирования участка контактной сети задается преподавателем.

3.Задание на место работы и характеристика участка (табл.32).

Таблица 31. Содержание работы

№ варианта	Содержание работы
1	Монтаж вставки в контактный провод со снятием напряжения
2	Монтаж вставки в несущий трос со снятием напряжения
3	Проверка состояния и регулировка воздушной стрелки под напряжением

4	Проверка состояния и ремонт трехпролетного изолирующего сопряжения под напряжением
5	Проверка состояния и ремонт малогабаритного секционного изолятора под напряжением

Таблица 32. Место работы и характеристика участка

№ п/п	Поврежденное оборудование	Место повреж-дения	Характе-ристика участка	Номинальное напряжение к.с., кВ
1	Контактный провод	перегон	2 – путный	3,3
2	Несущий трос	перегон	1 – путный	3,3
3	Воздушная стрелка	станция	1 – путный	25,5
4	Изолирующее сопряжение	станция	2 – путный	25,5
5	Секционный изолятор	станция	2 – путный	25,5

Краткие теоретические сведения

Работы на контактной сети производятся исходя из наличия графика планово-предупредительных работ и должны быть оформлены заявкой по форме [4, приложение 2].

Заявка на производство работ передаёт ответственное лицо, имеющее V группу, в органы оперативно-диспетчерского управления накануне планируемого дня производства работ.

Ответственное лицо в заявке указывает:

1.Планируемую дату и наименование устройства электроснабжения, где будут производиться работы;

2.Порядковый номер наряда-допуска на производство работ и продолжительность работ;

3.Количество членов бригады, условия, категорию в отношении мер безопасности и точное место производства работ;

4.Если для обеспечения безопасных условий труда требуется выполнить какие-либо переключения, то в заявке указывается – какие переключения необходимо выполнить;

5.Для обеспечения безопасных условий труда указываются меры, предотвращающие наезд подвижного состава на место производства работ (запрещение или предупреждение на движение поездов).

6.Указываются ответственные лица передающего и принимающего заявку, точная дата и время передачи заявки, её порядковый номер.

Диспетчерский центр, принявший заявку от ответственных лиц:

1.Рассматривает заявку;

2.Согласовывает заявку с органами оперативно-диспетчерского управления смежных служб и дирекций;

3.Выбирает наиболее рациональное время (по согласованию с графиком движения поездов);

4.Рассмотренную и согласованную заявку подает в орган оперативно-диспетчерского управления вышестоящего уровня;

5.Сообщает ответственному лицу, подавшему заявку, о дате и времени производства работ.

На основании рассмотренной заявки руководителем работ или другим ответственным лицом выписывается наряд-допуск на производство работ.

Работы, выполняемые со снятием напряжения, под напряжением в местах секционирования или на контактной сети в искусственных сооружениях, производятся только по приказу энергодиспетчера. Приказ на производство работ выдается энергодиспетчером после того, как руководитель работ сообщает ему о том, что рабочее место подготовлено и выполнены все необходимые для безопасного производства работ технические мероприятия.

Приказ с названным порядковым номером выдается ответственному лицу – руководителю работ.

В приказе указываются:

1.Время, до которого могут производиться работы на соответствующих устройствах электроснабжения;

2.Категория работ и точное место производства работ;

3.Какие переключения для безопасного производства работ и в каком месте необходимо выполнить;

4.Каким образом будет обеспечиваться безопасность движения поездов – что выдается локомотивным бригадам – запрещение или предупреждение ;

5.Точное место установки заземлений, шунтов;

6.Как ограждается место работ;

7.Точная дата и ФИО лица, принимающего приказ;

8.После повторения приказа руководителем работ, лицо, выдающее приказ (энергодиспетчер) утверждает правильность принятия приказа с указанием точного времени.

По окончании работы, после вывода бригады и снятия временных заземлений и шунтирующих перемычек, руководитель работ передает энергодиспетчеру уведомление об окончании работы и возможности пропуска электропоездов.

Уведомление передается в следующем порядке:

1.Лицу, выдавшему приказ на производство работ –энергодиспетчеру;

2.От лица – руководителя работ;

3.Указывается, что работа на устройствах электроснабжения по приказу с соответствующим номером окончена;

4.Называется точное время окончания работ;

5.Уведомление передается только после полного окончания работ – обязательна фраза: «Люди выведены, заземления (или шунты) сняты».

6.Далее указываются: лицо, передающее уведомление; лицо, принимающее уведомление; точные дата, время и номер уведомления.

Порядок выполнения

1.Согласно исходным данным и в соответствии со схемой питания и секционирования определить, какие переключения и меры, обеспечивающие безопасность производства работ, необходимо выполнить.

2. Заполнить бланк заявки на производство работ согласно заданию и соответствующей схеме питания и секционирования.

3. Заполнить бланк приказа на производство работ согласно заданию и соответствующей схеме питания и секционирования.

4. Заполнить бланк уведомления об окончании работы.

Содержание отчета

1. Указание переключений и мер, обеспечивающих безопасность производства работ.

2. Заполненная заявка на производство работ согласно заданию и соответствующей схеме питания и секционирования.

3. Заполненный приказ на производство работ согласно заданию и соответствующей схеме питания и секционирования.

4. Заполненный бланк уведомления об окончании работы.

5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Что указывается в заявке на производство работ?
2. В соответствии с чем выписывается наряд-допуск на производство работ?
3. Кто выдает приказ на производство работ?
4. Что указывается в приказе на производство работ?
5. Как передается уведомление об окончании работ?
6. Когда следует передавать уведомление?

Практическое занятие № 20

Определение категории работ в отношении мер безопасности

Цель занятия: научиться определять категорию производства работ на контактной сети в отношении мер безопасности.

Исходные данные (задаются преподавателем):

Таблица 33. Исходные данные

№ варианта	Содержание работы
1	Замена рессорной струны на перегоне двухпутного участка
2	Замена подвесного изолятора на неизолированной консоли на перегоне двухпутного участка
3	Проверка работы компенсирующего устройства контактной сети на железобетонных опорах в горловине станции
4	Замена троса средней анкеровки контактного провода полукомпенсированной подвески на боковом пути станции
5	Осмотр и чистка изоляторов в искусственном сооружении на перегоне

Краткие теоретические сведения

В отношении мер безопасности все работы на контактной сети подразделяют на следующие основные категории: со снятием напряжения и заземлением; под напряжением; вблизи частей, находящихся под напряжением; вдали от частей, находящихся под напряжением.

При *работе со снятием напряжения и заземлением* полностью снимают напряжение и заземляют провода и оборудование, на 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 запрещено.

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 автомотрис и дрезин, изолирующих штанг, которые изолируют работающего от земли. В целях повышения безопасности выполнения работ под напряжением исполнитель во всех случаях завешивает шунтирующие штанги, необходимые для выравнивания потенциала между частями, к которым он одновременно прикасается, и на случай пробоя или перекрытия изолирующих элементов. При работах под напряжением обращают особое внимание на то, чтобы работающий одновременно не прикоснулся к заземленным конструкциям и находился от них на расстоянии не ближе 0,8 м.

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

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

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

- работать в согнутом положении, если расстояние от работающего при его выпрямлении до опасных элементов окажется менее 0,8 м;
- работать при наличии электроопасных элементов с двух сторон на расстоянии менее 2 м от работающего;
- выполнять работы на расстоянии ближе 20 м по оси пути от места секционирования (секционные изоляторы, изолирующие сопряжения и т.п.) и шлейфов разъединителей, которыми осуществляется отключение при подготовке места работы;
- пользоваться металлическими лестницами.

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

В темное время суток в зоне работ должно быть обеспечение видимости всех изоляторов на расстоянии не менее 50 м.

При определении категории работ следует помнить, что все работы на контактной сети нужно выполнять, находясь под одинаковым потенциалом!

Для того чтобы определить категорию работ в отношении мер безопасности необходимо:

- охарактеризовать место, где располагается заданный узел;
- как будут производиться работы: с подъемом на высоту или нет;
- определить на каком расстоянии друг от друга находятся разнопотенциальные элементы в этом узле: провода, находящиеся под напряжением и заземленные конструкции; провода, находящиеся под напряжением и изоляторы или нейтральные вставки; провода разных секций, находящиеся под напряжением; провода разного назначения;

Затем, на основе этого материала выбирается категория работ в отношении мер безопасности и определяется организация движения поездов.

Порядок выполнения

1.Согласно исходным данным дать подробное описание узла контактной подвески, места производства работ и как будут проводиться работы.

2. Определить как расположены относительно друг друга разнопотенциальные элементы.

3. Определить категорию работ в отношении мер безопасности и способ организации движения поездов.

Содержание отчета

1. Описание узла контактной подвески, места производства работ и как будут проводиться работы.

2. Описание расположения разнопотенциальных элеменов.

3. Привести категории работ в отношении мер безопасности и способа организации движения поездов.

4. Выводы.

Контрольные вопросы

1.Перечислить категории работ в отношении мер безопасности.

2. Перечислить технические мероприятия в категории со снятием напряжения.

3. Перечислить технические мероприятия в категории под напряжением.

4. Как организовываются работы в темное время суток?

5. Как запрещается работать при выполнении работ со снятием напряжения и заземлением и вблизи частей, находящихся под напряжением?

Практическое занятие № 21
Ведение оперативных переговоров

Цель занятия: ознакомиться с порядком ведения оперативных переговоров при выполнении переключений.

Исходные данные: преподаватель выдает задания на переключения (включить - отключить) подгруппам согласно схеме питания и секционирования, находящейся в аудитории.

Краткие теоретические сведения

Оперативные переговоры – это обмен информацией в процессе общения, личного или с использованием средств связи, дежурных подразделений устройств электроснабжения о состоянии энергетического оборудования. В результате оперативных переговоров принимается решение о ведении режима работы и проведения эксплуатационных и ремонтных работ на устройствах электроснабжения.

Оперативные переговоры имеет право вести только оперативный персонал, находящийся в смене и внесенный в списки лиц, имеющих право для ведения оперативных переговоров в данной электроустановке, предприятии, подразделении. Указанные списки должны круглосуточно находиться на рабочем месте оперативного персонала.

Списки работников, которым предоставлено право для ведения оперативных переговоров, переключений, передачи заявок и пр., составляются на основании письменных официальных документов и заверяются начальником предприятия.

Списки оперативного персонала должны пересматриваться ежегодно на 01 января, и в течение года при изменении состава работников, о чем должны быть своевременно официально уведомлены все заинтересованные стороны.

Для ведения оперативных переговоров оперативный персонал использует специально организованные диспетчерские (выделенные) каналы связи, и любые другие доступные виды связи.

Все посторонние переговоры не служебного характера по диспетчерским каналам связи, использование диспетчерских каналов связи не оперативным персоналом **категорически запрещаются**.

По требованию оперативного персонала любые каналы связи должны освобождаться немедленно. В аварийных ситуациях освобождение канала связи для оперативного персонала любого уровня персонал СДТУ, служб связи должен производить без предупреждения других абонентов.

Оперативные переговоры на всех уровнях диспетчерского управления должны записываться на специальные устройства звукозаписи, обеспечивающие хранение записей:

в нормальных условиях - не менее чем за 10 последних суток, если не поступит указание о продлении срока;

при технологических нарушениях в работе – не менее чем за 3 последних месяца, если не поступит указание о продлении срока.

Ведение оперативных переговоров.

Начиная разговор, абоненты сообщают наименование своего предприятия, подразделения, объекта, должность и представляются по фамилии. При ведении оперативных переговоров по прямым (диспетчерским) каналам допускается ограничиваться сообщением фамилии. Первым представляется вызываемое лицо, вторым – лицо вызывающее. В дальнейшем допускается обращение по имени и отчеству.

Оперативные переговоры должны быть четкими, краткими и ясными по содержанию, и вестись технически грамотно, с использованием терминологии, принятой в отрасли. До начала ведения оперативных переговоров оперативный персонал обязан продумать их содержание.

Оперативные переговоры должны вестись с предельной лаконичностью, абсолютной точностью всех выражений, исключающей недопонимание, ошибки и вопросы.

При ведении оперативных переговоров, ведении оперативно-технической документации недопустимо отступление от установленных диспетчерских наименований оборудования, ЛЭП, устройств РЗА, СДТУ.

Допускается использовать сокращенные наименования в соответствии с указаниями ПТЭ.

При нарушении порядка ведения оперативных переговоров, установленного настоящей инструкцией, любой из участников переговоров обязан сделать замечание.

Оперативные приказы по форме [4, приложение 2]вышестоящий оперативный персонал отдаёт на производство переключений или на изменение режима работы на оборудовании (объекте), находящемся в его оперативном ведении.

При производстве переключений, перед отдачей конкретного распоряжения вышестоящий оперативный персонал обязан:

в общей форме, коротко объяснить цель своих действий;

проинструктировать подчиненный персонал о порядке переключений;

проинструктировать подчиненный персонал о способах ликвидации возможных аварийных ситуаций;

установить необходимую последовательность операций в схеме электроустановки и цепях устройств РЗА, СДТУ с необходимой степенью детализации.

Исполнителю переключений должно быть одновременно выдано не более одного приказа на проведение оперативных переключений, которое содержит операции одного целевого назначения.

После отдачи конкретного приказа вышестоящий оперативный персонал, не прерывая разговора, обязан:

убедиться в том, что его приказ понят правильно (выслушать дословный повтор полученного приказа от подчиненного оперативного персонала);

подтвердить это словами «Правильно, выполняйте», «Хорошо, делайте».

Оперативный персонал, получивший приказ на производство переключений, обязан:

дословно повторить приказ и получить подтверждение о том, что приказ им понят правильно;

записать приказ в оперативный журнал, если приказ получен на рабочем месте;

по схеме проверить последовательность выполнения операций и приступить к выполнению приказа

по выполнении приказа исполняющий передаёт уведомление о переключении по форме [4, приложение 2].

Оперативные приказы отдаются в повелительной, форме, кратко, четко:

«Включите …», «Отключите …», «Выведите …», «Повторите ...», «Правильно, выполняйте» и т. д.

Порядок выполнения

1. Дать описание понятия оперативные переговоры и требований, предъявляемых к ведению оперативных переговоров.
2. Заполнить бланк приказа на выполнение заданного переключения.
3. Заполнить бланк уведомления на выполненное переключение.

Содержание отчета

1. Описание понятия оперативных переговоров и требований, предъявляемых к ведению оперативных переговоров.
2. Заполненный бланк приказа на выполнение заданного переключения.
3. Заполненный бланк уведомления на выполненное переключение.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Как выполняются переключения разъединителей на контактной сети?
2. Кто выдает приказ на переключение?
3. Какими должны быть оперативные переговоры?
4. Кто имеет право вести оперативные переговоры?
5. Почему, лицо, получившее приказ, должно обязательно его продублировать?

Практическое занятие № 22

Балльная оценка состояния контактной сети

Цель занятия: научиться определять количество штрафных баллов при оценке состояния контактной сети переменного тока.

Исходные данные: Номер варианта исходных данных задается согласно положения фамилии студента в журнале.

Таблица 34. Исходные данные

№ п/п	Зарегистрированные показатели	**Номер варианта**									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1	Отклонение от нормируемого в ПУТЭКС зигзага контактного провода в точках фиксации и в точке наибольшего отклонения от оси токоприемника на воздушных стрелках и сопряжениях, мм	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
2	Зигзаг контактного провода, абсолютное значение, мм	510	520	320	330	340	400	450	460	470	500
3	Ненагруженный фиксатор на прямом участке пути, наличие	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
4	Отклонение высоты контактного провода в любой точке пролета от нормируемого в ПУТЭКС при минимальной высоте 5750 мм, мм	5	10	7	20	25	40	50	55	60	15
5	Высота контактного провода над УГР менее 6000 мм на переезде, пролет	0	3	5	0	6	1	0	0	2	4
6	Абсолютное значение стрелы провеса контактного провода, штрафуется однократно в пролете, мм	100	120	150	130	140	160	180	250	260	270
7	Удар по полозу токоприемника или отрыв полоза токоприемника, регистрация	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
8	Несоответствие расстояния грузов компенсаторов от земли и до ролика температуре воздуха, грузы	3	2	4	5	1	0	1	2	3	4
9	Наличие оборванных жил в многожильных тросах, обрыв	1	3	0	1	0	0	0	1	2	0
10	Разбитый изолятор контактной сети, изолятор	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
11	Провисание ветви средней анкеровки, анкеровка	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
12	Оборванная струна, струна	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
13	Случай брака в работе, брак	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
14	Повреждения контактной сети, повреждение	2	3	1	2	3	1	2	3	2	3
15	Количество обследованных километров, l,км	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28

Краткие теоретические сведения

Оценку состояния контактной сети по балльной системе, проверку условий прохода токоприемника с записью на ленте величины зигзагов, выносов и высот контактного провода осуществляют с помощью специальных вагонов для испытания контактной сети (ВИКС), оборудованных токоприемниками, смотровой вышкой и специальной регистрирующей аппаратурой. Кроме того при объезде с вагоном-лабораторией начальник дистанции электроснабжения или его заместитель из смотровой кабины осматривает состояние отдельных узлов, особенно наиболее ответственных: фиксаторов, сопряжений, компенсаторов и т.п.

Сравнивая результаты фактических данных измерений с параметрами, установленными нормативным журналом основных параметров контактной

сети, дают оценку состояния контактной сети. Отступления от нормативов оценивают штрафными баллами по специальной шкале.

Кроме того, оценивают штрафными баллами и отступления, обнаруженные визуально: неправильная установка фиксатора, разбитый изолятор и др. Учитывают также случаи допущенного брака в работе и повреждений, приведших к задержкам поездов.

Нормативы оценки состояния контактной сети по балльной системе приведены в приложении [5 приложение 15].

Результаты от деления общего числа штрафных баллов по району контактной сети на количество проверенных километров, т.е. количество баллов, приходящихся в среднем на 1 км, определяют оценку состояния контактной сети.

При повторении отклонения от нормативных значений в одном и том же месте количество баллов удваивается, а при повторении отклонений, ранее оцененных 400 баллами, увеличивается в 5 раз. При наличии 3-х и более таких отклонений выставляется оценка неудовлетворительно.

Состояние контактной подвески по району считается отличным, если число баллов на 1 км не превышает 50, хорошим — от 51 до 100, удовлетворительным — от 101 до 150 и неудовлетворительным, когда число баллов превышает 150.

Если не представляется возможным замерить с помощью вагона контактной сети зигзаги, выносы и высоту подвеса контактного провода на второстепенных путях станций, депо и парков, то их замеряют токоприемником под напряжением, наблюдая показания размеченных реек из смотровой площадки автомотрисы АРВ или с изолирующей съемной вышки, предварительно замерив их высоту. Эти же параметры можно измерить также с земли специальными изолирующими штангами, завешивая их на провод, или зеркальным прибором, устанавливаемым на рельсы. Замеряют все указанные величины у каждой опоры и в середине пролета, а полученные данные заносят в журнал состояния контактной сети.

Для того, чтобы определить состояние контактной сети по заданному участку следует определить количество штрафных баллов в соответствие с таблицей [5, приложение 15] и заполнить таблицу 35.

Таблица 35. Состояние контактной сети

№ п/п	**Нормируемые показатели**	**Значение нормируемого показателя по ПУТЭКС**	**Зарегистрированное значение нормируемого показателя**	**Величина отклонения**	**Штрафной балл**
1…15					
Итого количество штрафных баллов, $N_{шб}$					

Оценить состояние контактной сети можно по формуле:

Состояние контактной сети = $\frac{N_{шб}}{l}$, балл/км,

где: $N_{шб}$ - количество штрафных баллов, балл

l - количество обследованных километров, км.

По рассчитанному показателю можно оценить состояние контактной сети по указанию: «состояние контактной подвески по району считается отличным,

если число баллов на 1 км не превышает 50, хорошим — от 51 до 100, удовлетворительным — от 101 до 150 и неудовлетворительным, когда число баллов превышает 150».

Порядок выполнения

1. Определить состояние контактной сети, заполнить таблицу 35.
2. Рассчитать состояние контактной сети.
3. Оценить состояние контактной сети.

Содержание отчета

1. Состояние контактной сети, заполненная таблица 35.
2. Расчет состояния контактной сети.
3. Оценка состояния контактной сети.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1. С помощью какого оборудования составляют ведомость балльного состояния контактной сети.
2. Какие показатели оцениваются штрафными баллами?
3. Как оценивают состояние контактной сети по балльной системе?
4. На какие показатели влияет оценка состояния контактной сети по балльной системе?
5. Если нет вагона-лаборатории, можно ли произвести измерения вручную и каким образом?

Практическое занятие № 23

Обеспечение бесперебойной и надежной работы контактной сети в тяжелых метеоусловиях

Цель занятия: научиться определять мероприятия, обеспечивающие бесперебойную работу контактной сети в тяжелых метеоусловиях.

Исходные данные: в таблице 36.

Таблица 36. Исходные данные

Номер варианта	Наименование тяжелых метеоусловий	Количество контактных проводов	Тип контактной подвески
1	Воздействие ветра	один	компенсированная
2	Выпадение гололеда	два	полукомпенсированная
3	Низкие температуры	один	полукомпенсированная
4	Воздействие ветра	два	полукомпенсированная
5	Выпадение гололеда	один	компенсированная

Краткие теоретические сведения

Контактная сеть, работающая на открытом воздухе, подвергается воздействию ветра, гололеда, низких температур, грозовых перенапряжений и т.п.

При воздействии ветра на контактную сеть происходит отклонение контактного провода от нормального положения, что может привести к сходу его с полоза токоприемника и, следовательно, к срыву струн, поломке токоприемника, а иногда и к обрыву контактного провода. Кроме того, при ветре значительно повышается нажатие токоприемника на контактный провод. Чаще эти случаи происходят в местах, не защищенных от воздействия ветра: на высоких насыпях, в степных районах, при пересечениях рек и оврагов. Для устойчивой работы контактной сети в этих условиях на основе метеорологических наблюдений с учетом рельефа и особенностей местности разрабатывают специальные организационно-технические мероприятия. При этом учитывают опыт эксплуатации предшествующих лет на данной и других дистанциях электроснабжения.

Чтобы контактная сеть обеспечивала бесперебойность движения поездов в условиях ветровых воздействий, необходимо выявлять ветровые участки, соблюдать требуемые натяжения проводов, проектные расстояния от контактного провода до расположенных над ним устройств, размеры зигзагов у опор и выносов проводов в пролете, а также выполнять меры повышения ветроустойчивости контактной сети.

Опасные повреждения контактной сети вследствие воздействия ветра возникают при сходе контактного провода с полоза токоприемника. Провод попадает под полоз, и токоприемник при движении срывает струны и фиксаторы, разрушается сам, а иногда вызывает и обрыв контактного провода.

Значительное усиление ветрового воздействия наблюдается в местах, не защищенных от ветра, направленного поперек пути: на высоких насыпях, в степных районах, поймах рек и оврагов.

Для того чтобы контактная подвеска не потеряла проектной ветроустойчивости, тщательно выдерживают полагающиеся при данных условиях натяжения всех проводов, а также размеры зигзагов у опор и выносов проводов в пролете. Кроме того, проверяют, не сместились ли струны и фиксаторы относительно нормального положения в силу тех или иных причин (например, в результате естественной вытяжки проводов после монтажа).

В местах, подверженных особенно сильным ветровым воздействиям, при наличии в цепной подвеске двух контактных проводов монтируют ветроустойчивую ромбовидную подвеску. На линиях с одним контактным проводом можно применить ветроустойчивую цепную подвеску с оттяжными тросами, где на основных стержнях фиксаторов устанавливают ролики, с помощью которых оттяжными тросами контактный провод подтягивается ближе к оси пути.

Большое значение имеет ветровая устойчивость сочлененных фиксаторов, так как раскрытие фиксаторов, происходящее даже на участках с двумя контактными проводами, вызывает тяжелые повреждения. Для предотвращения таких раскрытий вместо гибких струн в ветровых местах монтируют жесткие распорки, выполненные из трубы или уголка, которые не позволяют подниматься основному стержню фиксатора, т. е. предотвращают создание условий для раскрытия фиксатора.

В местах, менее подверженных ветровым воздействиям, где жесткие струны не устанавливают, проверяют, имеется ли и правильно ли установлено ограничительное ушко в месте крепления дополнительного фиксатора к основному

стержню. Это ушко также предотвращает раскрытие фиксатора при упоре в него дополнительного фиксатора.

Для предотвращения опрокидывания легких изолированных и прямых консолей применяют жесткие тяги из труб вместо растянутых, выполненных из стального прутка. Во избежание возможных ударов по фиксаторам при повышенном отжатии провода токоприемником во время ветра устанавливают ограничители подъема дополнительных фиксаторов на основном стержне фиксатора.

Ветровое воздействие, кроме горизонтальных отклонений проводов, может вызвать и вертикальные перемещения, которые называют *автоколебаниями,* или «пляской» проводов.

Автоколебания происходят под действием сил, возникающих при обтекании воздушным потоком проводов, имеющих несимметричную форму поперечного сечения. Чаще всего это наблюдается при отложении на проводах гололеда. Автоколебания обычно возникают на участках, где провода не защищены от ветровых воздействий: в безлесных и незастроенных местностях. Размах колебаний весьма значителен (до 1 м и более), а частота, т. е. количество перемещений в одну и другую стороны от равновесного положения за единицу времени, достигает 40—60 периодов в 1 мин (0,6—1 Гц), и длина волны может быть различной: в два пролета и менее.

Сами по себе автоколебания затухают только тогда, когда изменяются вызвавшие их условия (например, прекращается ветер или тает гололед). Обычно приходится прибегать к различным мерам для их устранения. В противном случае возможны серьезные повреждения устройств контактной сети и воздушных линий.

Для предотвращения появления автоколебаний целесообразно иметь вдоль электрифицированной линии лесные полосы, защищающие контактные подвеску и воздушные линии от действия ветра. Применяют разбивку опор с пролетами разной длины. Хорошие результаты дает ромбовидная контактная подвеска, при которой автоколебания не возникают. Если автоколебания появились при наличии на проводах гололеда, принимают меры для его удаления.

Эффективным средством борьбы с вертикальными автоколебаниями является установка в отдельных пролетах контактной подвески между несущим тросом и контактным проводом динамических поглотителей колебаний (демпферов). В этих устройствах имеется жестко связанная с корпусом пружина, на которой укреплен поршень с грузом. При возникновении вертикальных колебаний в демпфере появляется значительное трение, способствующее их затуханию. Снижению амплитуды колебаний способствуют простые опорные струны, применяемые в опорных узлах совместно с рессорными тросами, аэродинамические гасители в виде пластин, устанавливаемых на несущем тросе, или навиваемых на него проволок диаметром 2—3 мм. Проволоку располагают в средней части пролета на 30—90% его длины беспорядочно с чередованием навивки и на разных расстояниях от поверхности троса, для чего ее предварительно деформируют.

Наиболее опасным для контактной сети является образование гололеда на ее проводах и устройствах. *Гололед* откладывается одновременно на большом протяжении, что осложняет его ликвидацию. Для борьбы с этим явлением применяют профилактический подогрев, электрическую плавку, механические и

химические средства. При профилактическом подогреве для предотвращения образования гололеда необходима плотность тока 2,5—3,5 А/мм^2, а для оплавления уже образовавшегося гололеда — 6,5—8 А/мм^2.

На линиях переменного тока применяют электрические схемы для плавки гололеда без прекращения движения поездов. Для этого на одной из подстанций питающие линии включают на контактную сеть каждого пути (на двухпутных участках) от разных фаз *А и В,* на соседней подстанции соединяют контактную сеть обоих путей между собой. В результате от одной фазы к другой проходит ток независимо от движения электропоездов. Электроснабжение ЭПС осуществляется, как и обычно, с использованием фазы *С.* Для плавки по одному пути собирают схему через подстанцию с включением встречно разных фаз.

На линиях постоянного тока для плавки гололеда используют схему, при которой ток проходит от плюсовой шины к минусовой. Недостаток этой схемы в том, что она требует прекращения движения поездов.

Более прогрессивной является схема профилактического подогрева контактной сети постоянного тока без прекращения движения поездов с использованием прогревочного агрегата. Для этого плюсовый вывод прогревочного агрегата подключают к подвеске I пути, а минусовый — к подвеске II пути. Для электроснабжения ЭПС используют рабочий агрегат, подключаемый только к подвеске одного пути. Ток прогрева складывается из рабочего и прогревочного токов.

Механическое удаление гололеда с контактных проводов осуществляют несколькими способами. Наиболее эффективной является гололедоочистительная установка МОГ-1, установленная на изолированной вышке автомотрисы или дрезины. Она состоит из барабана, смонтированного на наклонной раме, и приводится в работу бензоэлектрическим агрегатом АБ-4Т/230. На барабане закреплены круглые стальные прутки, которые при вращении барабана ударяют по рабочей части контактного провода и обивают гололед. В пределах рабочей высоты обеспечивается нажатие 100—150 Н.

Гололед счищают при скорости движения 20—60 км/ч в зависимости от его толщины и плотности. Раму располагают наклонно в сторону, противоположную движению, чтобы предотвратить недопустимое поджатие провода.

В районах с особо интенсивным гололедом толщиной более 15 мм применяют двухбарабанную установку МОГ-2, в которой совмещение двух барабанов на одной раме повышает эффективность очистки.

Установки МОГ-6, МОГ-7 имеют двухбарабанную конструкцию, они выполнены на телескопическом подъемнике с изолирующим валом и монтируются на автомотрисе или на прицепной платформе. В транспортном положении барабаны находятся на высоте 4,66 м от уровня головки рельса, а при работе в пределах рабочей высоты контактного провода — на высоте 5,55—6,8 м, обеспечивая нажатие в пределах 70—200 Н.

Гололед небольшой толщины (2—3 мм) можно счищать токоприемниками с вибрационной установкой при движении со скоростью до 40 км/ч. Это устройство монтируют вместо полоза на переднем по ходу токоприемнике электровоза. Вибрационный полоз состоит из двух уголков, выгнутых по форме нормального полоза. Под действием сжатого воздуха уголки вибрируют и сбивают гололед с

рабочей поверхности контактного провода. В последнее время применяют пневмовибраторы.

В качестве противогололедной смазки для токоприемников ЭПС и разъединителей контактной сети используют смазку ЦНИИ-КЗ. Разъединители покрывают этой смазкой перед наступлением каждого гололедного сезона, т.е. 2 раза в год: в конце осени и перед концом зимы. Срок работы этой смазки в зависимости от сопутствующих метеорологических условий составляет 30—45 суток.

Опыт эксплуатации электрифицированных участков, расположенных в гололедных районах, показывает целесообразность совместного применения электрических и механических способов борьбы с гололедом. Благодаря совместному использованию плавки гололеда и установок по механической очистке сокращается время, необходимое для его удаления. В начале плавки поднимают температуру контактного провода выше 0 °С и расплавляют прилегающие к проводу слои гололеда, после чего гололедные образования теряют сцепление с контактным проводом и легко удаляются виброустановками и полозами токоприемников ЭПС.

Хороший эффект достигается также при совместном применении химических и механических средств борьбы с гололедом. Поверхностная пленка противогололедной смазки значительно снижает силу сцепления гололеда с проводом, что облегчает условия очистки.

Для предотвращения гололеда эффективны также лесопосадки вдоль железнодорожного полотна, которые не только снижают силу воздействия ветра на цепную подвеску, но и уменьшают отложения.

В зимнее время создаются условия, осложняющие работу полукомпенсированных цепных подвесок и воздушных линий, так как натяжение несущих тросов и других некомпенсированных проводов значительно увеличивается, а стрелы провеса контактных проводов получают отрицательные значения. В результате этого контактный провод приближается к основному стержню фиксатора, ухудшается качество токосъема и возможны удары токоприемников по фиксаторам. Повышенное натяжение может вызвать обрыв несущего троса и других проводов в тех местах, где была нарушена целость отдельных жил или допущено завышение натяжения в процессе регулировки. Кроме того, при значительных отрицательных стрелах провеса могут произойти поджатия токонесущих проводов к заземленным конструкциям и в результате — пережог проводов. Возможен излом деталей, изготовленных из кипящей стали.

В условиях низких температур происходит застывание смазки в шарнирах токоприемников, если смазка не предназначена для работы при таких температурах. Это вызывает уменьшение активного и увеличение пассивного нажатий токоприемников вследствие, возрастания сил трения в шарнирах, ухудшение контакта полоз — провод и в результате повышенный износ контактного провода, его пережоги и поломку токоприемника. Застывание смазки, если она не заменена на зимнюю (ЖТ-79л, ЖТ-72 или ЖТКЗ-65), происходит также в компенсирующих устройствах, разъединителях и приводах.

Порядок выполнения

1. Согласно заданию дать описание отрицательного воздействия на работу контактной сети тяжелых метеоусловий.

2. Определить мероприятия предотвращающего характера.

Содержание отчета

1. Описание отрицательного воздействия тяжелых метеоусловий на работу контактной сети.

2. Перечень мероприятий предотвращающего характера.

3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Каким образом отрицательные температуры влияют на работу контактной сети?

2. Когда наблюдается выпадение гололеда на контактную подвеску?

3. Какие способы борьбы с гололедом вам известны?

4. Существуют ли меры предупреждающего характера в борьбе с гололедом?

5. Каким образом можно предотвратить автоколебания проводов контактной сети?

Практическое занятие № 24

Проверка технического состояния и регулировка воздушной стрелки

Цель занятия: изучить содержание работы по проверке состояния и регулировке воздушной стрелки.

Оборудование: макет воздушной стрелки.

Приспособления: линейка, отвес, деревянный брусок, наждачное полотно.

Краткие теоретические сведения

Воздушные стрелки должны обеспечивать плавный, без ударов и искрений, переход полоза токоприемника с контактных проводов одного пути (съезда) на контактные провода другого, свободное взаимное перемещение подвесок, образующих воздушную стрелку, и минимальное взаимное вертикальное перемещение контактных проводов в зоне подхвата полозом токоприемника провода примыкающего пути.

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

Текущий ремонт воздушной стрелки выполняется согласно технологическим картам[10] и предусматривает: проверку расположения точки пересечения контактных проводов относительно стрелочного перевода, проверку ограничительной накладки, проверку состояния несущих тросов, контактных проводов и фиксации стрелки, проверку струн, электрических соединителей.

Проверка состояния и регулировка воздушных стрелок на главных путях станции производится 2 раза в год, на остальных путях – 1 раз в год в нижеперечисленном порядке.

Проверка правильности расположения точки пересечения контактных проводов, образующих воздушную стрелку, относительно стрелочного перевода производится отвесом, который закрепляется в точке пересечения несущих тросов и опускается вертикально. Пересечение контактных проводов, образующих воздушную стрелку на обыкновенном стрелочном переводе, должно отстоять от оси прямого и отклоненного пути на 360-400 мм и находиться в том месте, где расстояние между внутренними гранями головок соединительных рельсов крестовины составляет 730-800 мм.

Измерение положения зоны подхвата полозом токоприемника контактных проводов примыкающего или пересекаемого пути и положения контактных проводов ветвей воздушной стрелки в зоне подхвата их токоприемником по высоте осуществляется устройством, имитирующим токоприемник. Зона подхвата полозом токоприемника контактных проводов примыкаемого или пересекаемого пути должна быть расположена на расстоянии 630-1100 мм от оси данного пути.

В зоне подхвата ветвей не допускается наличие каких-либо зажимов за исключением зажимов крепления ограничительной накладки. При необходимости выполняется регулировка проводов по высоте с помощью вертикальных струн.

Для обеспечения одновременного подъема контактных проводов обоих путей (съезда) в месте их пересечения устанавливаются ограничительные накладки на каждый контактный провод главного пути длиной 1500 мм для стрелок 1/6 и 1/9, 1700 мм – для 1/11 и 2000 мм – для 1/8 и 1/22 (длина ограничительной накладки указана между валиками фиксирующих зажимов).

Расстояние между ограничительной накладкой и контактным проводом, на котором она установлена, должно быть 13-15 мм.

Головки болтов фиксирующих зажимов, крепящих ограничительную накладку, должны быть развернуты к контактному проводу примыкающего пути (съезда).

Проверяют состояние и правильность расположения ограничительной накладки и узлов ее крепления к контактному проводу. при необходимости производят регулировку.

Проверяют состояние рабочих поверхностей контактных проводов в зоне воздушной стрелки. Обращают внимание на отсутствие подбоев токоприемника, местных износов, наплывов или подгаров. При необходимости шлифуют поверхности наждачной бумагой. Осматривают и заменяют зажимы, имеющие трещины, раковины или коррозию болтов.

При обыкновенном стрелочном переводе электрические соединители контактных подвесок устанавливаются на расстоянии 2-2,5 м от точки пересечения контактных проводов в сторону остряка стрелочного перевода. Дополнительные электрические соединители устанавливаются в сторону крестовины на расстоянии 2-2,5 м от зоны подхвата.

При перекрестных переводах и глухих пересечениях путей электрические соединители контактных подвесок размещают с обеих сторон воздушной стрелки на расстоянии 2-2,5 м от зоны подхвата в сторону крестовины.

Проверяют правильность установки и состояние электрических соединителей. Питающие зажимы должны быть укомплектованы клиньями и надежно закреплены на контактном проводе.

На расстоянии 800-1000 мм от зоны подхвата в сторону крестовины стрелочного перевода должны быть установлены двойные вертикальные звеньевые или скользящие струны.

Скользящие струны устанавливаются при полукомпенсированной подвеске в соответствии с графиком [2].

Вместо скользящих струн могут применяться устройства одновременного подъема контактных проводов воздушной стрелки. Допускается применение перекрестных гибких струн и жестких распорок.

Проверяют состояние звеньевых или скользящих струн.

Также проверяют:

- состояние антикоррозионного покрытия стальных изделий и, при необходимости, окрасить их масляной краской;
- соединение соединительными зажимами между собой несущих тросов полукомпенсированных подвесок над точкой пересечения контактных проводов;
- узлы фиксации контактного провода, наклон и продольное перемещение дополнительного стержня фиксатора в месте крепления его к контактному проводу, измеряют высоту сечения контактных проводов на всей длине воздушной стрелки, обратив внимание на зону подхвата;
- расстояние от рабочего контактного провода до основного стержня фиксатора, оно должно составлять 350 – 400 мм для прямых и 400 – 500 мм для обратных фиксаторов и фиксирующих тросов.

С помощью рейки и уровня проверяют положение контактных проводов в зоне подхвата. Проверяют правильность регулировки и плавность перехода полоза токоприемника с контактного провода одного пути на контактный провод другого пути перемещением рейки (бруска) в горизонтальном положении с усилием не менее 100 Н (10 кгс).

Порядок выполнения

1. Начертить схему расположения проводов на воздушной стрелке с указанием основных регулируемых размеров.
2. Изучить технологическую карту и типовую норму времени, проверки состояния и регулировки воздушной стрелки [10].
2. Проверить состояние воздушной стрелки на макете, следуя рекомендациям, изложенным выше. и руководствуясь Правилами устройства и технической эксплуатации контактной сети [2].
3. При выполнении работы на макете контактной подвески выявить отклонения от Правил устройства и технической эксплуатации контактной сети. Сделать вывод о состоянии воздушной стрелки.

Содержание отчета

1. Схема расположения проводов на воздушной стрелке с указанием основных регулируемых размеров.
2. Описание последовательности выполнения работ по проверке состояния и регулировке воздушной стрелки.

3. Описание проверки состояния воздушной стрелки на макете и её геометрических параметров.

4. Вывод о состоянии воздушной стрелки.

5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте назначение воздушной стрелки.
2. Для чего необходимо контролировать положение проводов на воздушной стрелке?
3. К чему может привести разрегулировка воздушной стрелки?
4. С какой периодичностью производят ревизию воздушной стрелки цепной контактной подвески для главных путей станции, для боковых путей станции?
5. Как определить зону одновременного подхвата проводов на воздушной стрелке?

Практическое занятие № 25

Проверка технического состояния и регулировка секционного изолятора

Цель занятия: изучить содержание работ по проверке состояния, регулировке и ремонту секционных изоляторов со стеклопластиковыми или фарфоровыми вставками.

Оборудование: секционный изолятор или макет секционного изолятора.

Приспособления: линейка, деревянный брусок, наждачное полотно.

Краткие теоретические сведения

Секционные изоляторы должны обеспечивать надежную изоляцию и плавный переход по ним полозов токоприемника с установленной скоростью на данном участке. Их применяют в основном на станции для поперечного секционирования контактной сети.

Тип секционного изолятора выбирается в зависимости от номинального напряжения контактной сети, количества контактных проводов, установленной скорости движения поездов, места применения и степени загрязнения атмосферы. Конструкция секционных изоляторов предусматривает эффективное гашение электрической дуги на дугогасительных устройствах.

Секционные изоляторы монтируют в первой трети пролета так, чтобы нижняя плоскость скольжения находилась на 20-30 мм выше соседних точек подвеса контактного провода. Перед монтажом все детали секционного изолятора следует тщательно проверить, а изоляторы и скользуны тщательно очистить от любых видов загрязнения, не допуская для этих целей применение химически активных веществ, способных вызвать их повреждение или нарушение антикоррозийного покрытия деталей.

Секционный изолятор в плане следует располагать так, чтобы его продольная ось совпадала с осью полоза токоприемника. Максимальное отклонение не должно превышать 100 мм.

Металлические скользуны, дугоотводящие и дугогасительные рога при износе в плоскости скольжения более 5 мм подлежат замене.

Проверку состояния, регулировку и ремонт изоляторов производят 1 раз в год.

Работа на СИ может быть выполнена со снятием напряжения и заземлением контактной сети или под напряжением.

Работа под напряжением на секционном изоляторе выполняется по наряду и приказу энергодиспетчера. Перед выдачей приказа на работу энергодиспетчер должен включить (по ДУ, ТУ) секционный разъединитель, параллельный этому секционному изолятору или выдать приказ на переключение такового вручную.

До начала работы после получения приказа на секционном изоляторе устанавливают шунтирующую перемычку.

Проверку состояния и ремонт секционного изолятора осуществляют в следующем порядке:

- используя навесную лестницу 3 м., проверяют состояние крепления и степень загрязненности изоляторов в несущем тросе, а также состояние несущего троса;

- осматривают и очищают изоляторы от загрязнения;

- используя линейку, проверяют длину пути утечки тока по изоляторам, конфигурацию дугогасительных рогов, состояние металлических скользунов, величину воздушных зазоров, надежность крепления всех деталей. Длина пути утечки тока при переменном токе должна быть не менее:

- 1000 мм - у полимерных изолирующих гладкостержневых элементов.

- 1500 мм - у ребристых изоляторов;

- 1300 мм -у изолирующих скользунов.

Длина пути утечки тока при постоянном токе должна быть не менее:

- 600 мм - у полимерных гладкостержневых элементов;

- 800 мм - у ребристых изоляторов.

Воздушные зазоры между дугогасительными рогами должны быть при переменном токе 150 ± 10 мм, при постоянном токе - 50 ± 10 мм.

Воздушные зазоры между разнопотенциальными элементами должны быть при переменном токе не менее 200 мм, при постоянном токе не менее 120 мм.

Вес секционного изолятора не должен превышать 25-30 кг.

- проверяют состояние звеньевых струн, зажимов, распорок, коромысел и натяжных муфт, валиков и шплинтов; При полукомпенсированной подвеске скользящие струны применяются при установке секционного изолятора на расстоянии не менее 200 м от средней анкеровки или жесткой анкеровки контактного провода.

- проверяют состояние и посадку стыковых зажимов в местах соединения СИ с рабочим контактным проводом;

- проверяют положение СИ по высоте, положение продольной оси СИ, положение СИ по отношению к расположенному над ним врезному изолятору на несущем тросе.

- проверяют правильность регулировки СИ (перемещая вдоль него брусок, который должен плавно переходить с одного скользуна на другой без искривления и отрыва).

Допускается износ рабочей поверхности изолирующих скользунов не более 3 мм.

Допускается износ дугогасительных рогов в плоскости скольжения не более 5 мм.

Порядок выполнения

1. Описать назначение и требования, предъявляемые к секционному изолятору.
2. Нарисовать эскиз секционного изолятора, указав на рисунке все размеры, названные в [2].
3. Выполнить ревизию секционного изолятора, согласно вышеизложенным указаниям и руководствуясь Правилами устройства и технической эксплуатации контактной сети.
4. Сделать вывод о состоянии изолятора.

Содержание отчета

1. Формулировка назначения и требований, предъявляемых к секционному изолятору.
2. Эскиз секционного изолятора, с указанием на рисунке всех его размеров.
3. Описание ревизии секционного изолятора.
4. Вывод о состоянии изолятора.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены секционные изоляторы?
2. В каких местах устанавливают секционные изоляторы?
3. Какие устройства в конструкции секционных изоляторов предназначены для гашения дуги?
4. Какие основные меры безопасности необходимо выполнять при производстве работ на секционном изоляторе?
5. Почему необходимо проверять правильность положения и регулировки
секционного изолятора?
4. Почему во время прохода токоприёмника по секционному изолятору может возникать электрическая дуга?

Практическое занятие № 26

Проверка технического состояния и регулировка секционного разъединителя

Цель занятия: изучить технологию проверки состояния, регулировки и ремонта разъединителя контактной сети.

Оборудование: секционный разъединитель постоянного или переменного типа.

Приспособления: линейка, наждачное полотно, набор гаечных ключей.

Краткие теоретические сведения

Секционные разъединители предназначены для электрического соединения или разъединения отдельных секций контактной сети, а также для подключения к контактной сети питающих линий.

Секционные разъединители монтируют на специальных кронштейнах, закреплённых на опорах, на высоте 5-6 метров. На расстоянии менее 2 метров над разъединителями не допускается наличие каких-либо проводов и конструкций.

К контактной подвеске шлейфы разъединителя должны подключаться электрическим соединителем, шунтирующим изолятор в шлейфе, что позволяет производить ремонт и замену разъединителя без снятия напряжения с контактной сети. Провода к каждой головке разъединителя присоединяют болтовыми зажимами.

Подвижная система разъединителя присоединяется к приводу валом или тягой. Привод разъединителя должен быть закрыт на замок. Моторный привод должен иметь устройство, позволяющее переключать разъединитель вручную.

На участках постоянного тока применяют разъединители типа РКС-3,3/3000. Их монтируют на специальных опорно-штыревых изоляторах. Один из них является неподвижным, а второй с помощью специального вала в нижней части может отклоняться от вертикального положения. При переводе рычагом подвижного изолятора в наклонное положение нож выходит из губок и разрывает цепь. Плотное прижатие ножа к губкам обеспечивается стальными пружинами. Разъединители постоянного тока должны быть оборудованы дугогасящими рогами.

На дорогах переменного тока применяют секционные разъединители типа РЛНД -35/1000 с заземляющим и без заземляющих ножей (Рисунок 8).

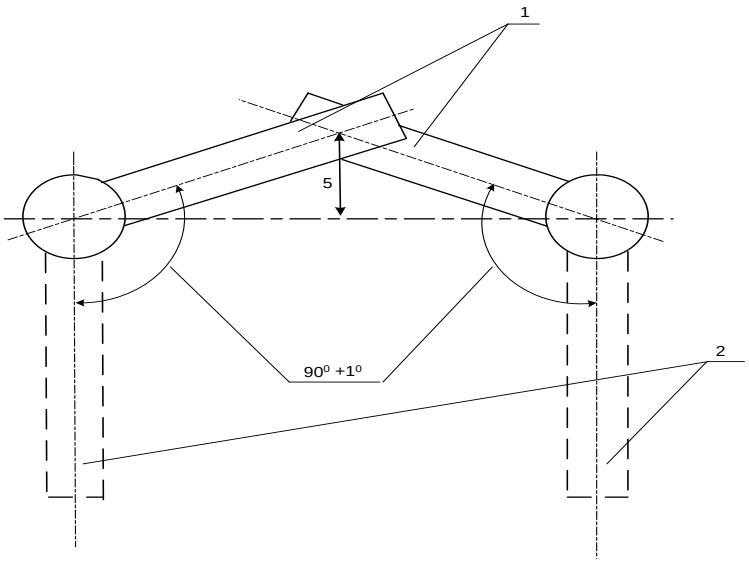


Рисунок 8. Положение контактных ножей разъединителя типа РЛНД-35/1000

Разъединитель смонтирован на стержневых изоляторах, соединённых в нижней части тягой. При переключении изоляторы одновременно поворачиваются на 90^0+2^0 в противоположном направлении, при этом главные

полуножи размыкаются или замыкаются. При включенном положении разъединителя один из полуножей входит в пальцевые контакты, находящиеся на конце другого полуножа. Контактные выводы связаны с полуножами гибкими проводниками из ленточной меди.

При выполнении работы необходимо осмотреть секционный разъединитель; осмотреть и проверить все нормируемые размеры, оценить состояние контактов, изоляторов; последовательность расхождения главных контактов и рогов, форму рогов, плотность контакта в месте их соприкосновения. Для лучшего усвоения технологии проверки и регулировки разъединителя рекомендуется начертить схему установки разъединителя на опоре, подключения его шлейфов к контактной сети, соединения его с приводом, заземления привода и опоры.

Проверку технического состояния и регулировку и разъединителя производят согласно технологическим картам[10] **и в следующем порядке:**

- изоляторы разъединителя и изоляторы шлейфов очищают от загрязнения и осмотривают их. Не допускаются сколы на ребрах фарфора общей площадью более 3см^2, продольные и радиальные трещины на изоляционных деталях и оконцевателях, нарушение заделки в местах соединений изоляционных деталей с оконцевателями. При наличии изоляции между конструкцией разъединителя и опорой внешним осмотром проверяют ее состояние. Не допускается механическое повреждение или шунтирование изолирующих элементов;

- осматривают и зачищают контактные поверхности подвижного ножа и неподвижных губок наждачным полотном до блеска, удалив наплывы и заусенцы. Проверяют целостность гибких шунтов и их крепление к ножу и шине. На все резьбовые соединения наносят смазку.

При наличии дугогасящих рогов их проверяют и осматривают их крепление. При отключении разъединителя не допускается сцепление рогов. Зачищают рога наждачной бумагой до блеска, удалив наплывы и заусенцы. Износ рогов не должен превышать 10% поперечного сечения;

- проверяют плотность контакта в местах присоединения шлейфов к разъединителю. При подключении шлейфов не допускается расслоения проводов и перекос плашек зажимов, убеждаются в надежности затяжки болтов;

- проверяют сцепление тяг с изоляторами и затяжку всех болтовых соединений.

При включенном положении разъединителя необходимо проверить положение оси контактных ножей. Для разъединителей типа РЛНД -35/1000 горизонтальные оси ножей должны совпадать с точностью до 1^0, смещение осей, при этом, не должно превышать 5мм (см. рис 8). Нужно отключить разъединитель и убедиться, что контактные ножи повернулись на угол 90– 91^0. При отклонении от приведенных значений производится регулировка изменением длины внутриполюсной тяги.

1 – при включенном разъединителе

2 – при отключенном разъединителе

Для разъединителя РКС- 3,3/3000 проверяется правильность положения ножа в «губках». Перекос ножа или одностороннее его прилегание не допускается;

- проверяют контактное натяжение и регулируют его изменением затяжки гаек на шпильках ламелей (РЛНД -35/1000). Плотность прилегания ножей в

«губках» (РКС- 3,3/3000) регулируют изменением нажатия стальной пружины. Коррозия пружины не допускается.

- наносят на все трущиеся части разъединителя смазка ЦИАТИМ – 201 или ЖСТКЭ – 65, а на контактные поверхности – смазку ЦИАТИМ – 101;

- проверяют соединение тяги с приводом и с изолятором разъединителя. Не допускается механическое повреждение вставки или наличие на ней следов перекрытия.

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с содержанием работ по проверке технического состояния секционного разъединителя.
2. Произвести работы по проверке и регулировке секционного разъединителя по вышеизложенной методике. и руководствуясь Правилами устройства и технической эксплуатации контактной сети [2].
3. Сделать вывод о состоянии секционного разъединителя соответствующего типа.

Содержание отчета

1. Привести перечень работ по проверке технического состояния секционного разъединителя.
2. Описание работ по проверке и регулировке секционного разъединителя.
3. Вывод о состоянии секционного разъединителя соответствующего типа.

4.Выводы.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте назначение секционных разъединителей.
2. Как присоединяют секционные разъединители к проводам контактной сети?
3. С помощью какого устройства включаются и отключаются секционные разъединители? Каким образом можно производить управление этими устройствами?
4. В каких местах устанавливают секционные разъединители с заземляющими ножами?
5. Что необходимо проверять при ревизии секционного разъединителя?

Практическое занятие № 27

Проверка технического состояния и регулировка изолирующего сопряжения

Цель занятия: изучить содержание работ по проверке состояния и регулировке изолирующего сопряжения.

Оборудование: макет изолирующего сопряжения анкерных участков или названный узел на полигоне контактной сети.

Приспособления: линейка, наждачное полотно, деревянный брусок, набор гаечных ключей.

Краткие теоретические сведения

Изолирующее сопряжение анкерных участков служит для разделения питания на отдельные секции участков контактной сети. Изолирующее сопряжение должно обеспечивать продольное взаимное перемещение проводов при температурных изменениях, а также плавный переход полоза токоприемника с контактного провода одного анкерного участка на контактный провод другого по условиям контактного нажатия без ухудшения токосъема и снижения установленной скорости.

На перегонах и глухих путях железнодорожных станций необходимо применять:

Изолирующие сопряжения (воздушные промежутки) на прямых и кривых участках пути радиусом более 2000м – трехпролетные или четырехпролетные, на кривых участках пути радиусом 2000м и менее и в стесненных местах по их распоряжению – трехпролетные.

Не допускается совмещать на изолирующих сопряжениях компенсированные и полукомпенсированные подвески.

На изолирующем сопряжении горизонтальное расстояние между внутренними расстояниями рабочих контактных проводов должно быть 550мм. Если по ветровым отклонениям проводов на действующих участках такое расстояние не может быть допущено, оно может составлять 400мм на контактной сети постоянного тока и 500мм – переменного тока. Допустимые отклонения от указанных значений ±50мм при скоростном движении до 160 км/ч и ±40мм при скоростном движении от 161 – 200км/ч. Расстояние от рабочего контактного провода до нижней поверхности врезного фарфорового изолятора при двух контактных проводах должно составлять 250+ 20мм при одном контактном проводе 300+20мм.

Вертикальное расстояние от рабочего контактного провода до нижней поверхности гладкостержневого полимерного изолятора должно составлять 300+20мм, а до нижней поверхности гладкостержневого изолирующего элемента, допускающего взаимодействие с токоприемником – 200+20мм.

Переход токоприёмника с контактного провода одного анкерного участка на контактный провод другого анкерного участка должен располагаться в середине переходного пролёта у трехпролетных сопряжений на длине 8 – 12м и у четырехпролетных сопряжений на длине 10 – 15м по обе стороны от средней переходной опоры.

Фиксаторы, струны и электрические соединители следует размещать так, чтобы обеспечивалась изоляция анкерных участков при возможных температурных изменениях.

Нормально разомкнутые изолирующие сопряжения должны быть оборудованы защитными устройствами от пережогов проводов электрической дугой. На путях с двухсторонним движением защитные устройства от пережогов должны быть в обоих направлениях.

Переходные опоры контактной сети, ограничивающие изолирующее сопряжение, должны иметь отличительный знак – чередующиеся четыре черные и три белые горизонтальные полосы. Первая опора по направлению движения

поездов, кроме того, дополнительно обозначается вертикальной черной полосой. Знаки наносятся непосредственно на опоры или закрепленные на них щиты.

При постоянном токе, кроме того, применяются сигнальные световые указатели «Опустить токоприемник», имеющие сигнальное значение при появлении на них мигающей светящейся полосы.

Перед нейтральными вставками устанавливают предупредительные постоянные сигнальные знаки «Отключить ток».

При выполнении работы необходимо осмотреть изолирующее сопряжение, проверить все нормируемые размеры, проверить состояние проводов и элементов сопряжения.

Изолирующее сопряжение проверяют 1раз в год, обращая внимание на плавность перехода токоприемника, соответствие требованиям технологической карты, чертежей примененных конструкций.

Проверку состояния, регулировку и ремонт изолирующего сопряжения следует производить в следующем порядке:

- проверить зону перехода токоприемника с одного анкерного участка на другой и места подхвата токоприемниками контактных проводов, используя деревянный брусок. Первые приемные струны в зоне прохода полоза токоприемника должны быть двойными;
- проверить расположение контактных проводов в плане;
- проверить расстояние по вертикали между рабочими и нерабочими контактными проводами. При необходимости произвести регулировку по вертикали с помощью струн, а по горизонтали – путем изменения положения фиксатора на переходных опорах;
- проверить расположение несущих тросов. В месте пересечения ветвей отходящего на анкеровку и рабочего несущих тросов не должно быть касания. Зазор между ними должен быть не менее 50мм;
- убедиться что положение фиксаторов, струн и электрических соединителей обеспечивает изоляцию смежных анкерных участков при любых возможных температурных изменениях;
- проверить внешним осмотром состояние отличительной окраски на переходных опорах;
- проверить внешним осмотром видимость и состояние сигнальных световых указателей «Опустить токоприемник»;
- проверить положение грузов относительно земли и неподвижного блока компенсатора. Проверить работу компенсатора, приподнимая и опуская грузы руками;
- проверить состояние, отрегулировать и произвести ремонт проводов и элементов сопряжения;
- проверить правильность установки на переходных опорах фиксаторов отходящих на анкеровку ветвей контактных проводов. Фиксаторы должны крепиться на неизолированных прямых консолях или фиксаторных кронштейнах опор выше уровня номинальной высоты контактного провода на 600+200мм на участках постоянного тока и 700+200мм на участках переменного тока. На изолированных консолях указанное расстояние должно составить 900 мм;
- проверить состояние коромысел у анкерных опори врезных изоляторов у переходных опор в ветвях подвески, отходящих на анкеровку. Расстояние от

рабочей ветви контактного провода до низа коромысла должно быть не менее 300мм. Работа на врезных изоляторах производится при завешенной по обе стороны изолятора переносной шунтирующей штанге, а на несущем тросе с использованием навесной лестницы;

- проверить состояние шлейфов секционных разъединителей и роговых разрядников в местах подключения их к контактной подвеске.

Порядок выполнения

1. Описать назначение и требования, предъявляемые к изолирующим сопряжениям.
2. Начертить схему изолирующего сопряжения с указанием всех размеров и габаритов.
3. Осуществить проверку технического состояния и регулировку изолирующего сопряжения по вышеизложенной методике и руководствуясь Правилами устройства и технической эксплуатации контактной сети.
4. Описать порядок выполнения работ по проверке и регулировке изолирующего сопряжения.

Содержание отчета

1. Описание назначения и требований, предъявляемых к изолирующим сопряжениям.
2. Схема изолирующего сопряжения с указанием всех размеров и габаритов.
3. Описание порядка проверки технического состояния и регулировки изолирующего сопряжения по вышеизложенной методике и руководствуясь Правилами устройства и технической эксплуатации контактной сети.
4. Описание порядка выполнения работ по проверке и регулировке изолирующего сопряжения.
5. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены и где размещаются изолирующие сопряжения?
2. Почему в середине переходного пролёта провода сопрягаемых контактных подвесок должны находиться в одной горизонтальной плоскости?
3. Что обеспечивает изоляцию секций контактной сети друг от друга в изолирующем сопряжении?
4. Почему изолирующие сопряжения не используют для изоляции продольных секций?
5. Каким должно быть горизонтальное расстояние между внутренними расстояниями рабочих контактных проводов на изолирующем сопряжении?
6. Какие сигнальные ограждения устанавливают перед изолирующим сопряжением при различных родах тока?

Практическое занятие №28

Проверка технического состояния и регулировка разрядников

Цель занятия: на практике ознакомиться с работами по проверке состояния, регулировке и ремонту рогового или трубчатого разрядника.

Оборудование: макет подключения разрядника к контактной подвеске. Тип разрядника зависит от имеющегося оборудования в аудитории.

Приспособления: линейка, наждачное полотно, набор гаечных ключей.

Краткие теоретические сведения

Для защиты изоляции контактной сети от перенапряжений (с целью снижения их уровня) применяются специальные разрядники, при пробое которых контактная подвеска соединяется с тяговым рельсом. На контактной сети постоянного тока устанавливаются роговые разрядники с двумя последовательными искровыми промежутками по 5+1 мм каждый. На контактной сети переменного тока устанавливаются роговые разрядники с двумя последовательными искровыми промежутками по 45+5 мм каждый, трубчатые разрядники.

Роговые разрядники устанавливают, как правило, на вершинах опор и для улучшения осмотра с поезда – перпендикулярно или под углом 45^0 к оси пути. Над роговым разрядником на расстоянии до 3 м располагать какие-либо провода нельзя. Один из крайних рогов присоединяют к контактной подвеске медным проводником сечением не менее 25 мм^2. Второй крайний рог присоединяют к тяговому рельсу. В качестве рогов используют стальной пруток диаметром 12 мм.

На линиях переменного тока применяют трубчатые разрядник типа РТ - 35, которые дополнены внешним искровым промежутком величиной 40 мм. Внешний искровой промежуток изготавливается из стального прутка диаметром 10 мм, он предотвращает разрушение органической изоляции токами утечки.

Трубчатый разрядник представляет собой бакелитовую трубку с внутренним диаметром 10 мм, внутри которой находится фибровая трубка со стержневым электродом. Между ним и одним из металлических наконечников имеется зазор в 175 мм, образующий внутренний искровой промежуток.

Трубчатые разрядники крепят на кронштейнах таким образом, чтобы выхлопное отверстие было обращено в полевую сторону и в зоне выхлопа газов при работе Р не было других конструкций и проводов. Для предотвращения скопления влаги во внутренней полости, его устанавливают так, чтобы открытый конец был расположен под углом не менее 15^0, а в местах сильного загрязнения – до 45^0 к горизонтали.

Электрод внешнего искрового промежутка, который крепится стержневым фиксаторным изолятором, соединяют с цепной подвеской, как правило медным проводом сечением не менее 16 мм^2.

Заземляющие спуски разрядников изолируют от опоры и крепят к тяговому рельсу.

Работы по проверке состояния роговых и трубчатых разрядников преимущественно выполняются со снятием напряжения.

В последнее время для защиты оборудования от перенапряжения всё более широкое применение находят ограничители перенапряжений.

Ограничение коммутационных и грозовых перенапряжений в электрических сетях повышает надёжность работы электротехнического оборудования. Кроме того, внедрение ОПН обусловлено следующими преимуществами по сравнению с вентильными разрядниками:

- более низкий защитный уровень для всех видов перенапряжений;
- отсутствие сопровождающего тока после воздействия импульса перенапряжений (за счёт высокой нелинейности);
- высокая удельная энергоёмкость;
- низкие эксплуатационные затраты на техническое обслуживание (не требуется настроек и регулировок);
- малые габариты и масса.

Нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) не имеют искровых промежутков. Степень нелинейности их рабочих сопротивлений такова, что они выдерживают длительное воздействие рабочего напряжения, пропуская ток, измеряемый долями миллиампера. При перенапряжениях ток увеличивается до сотен и тысяч ампер, что и приводит к ограничению перенапряжений. Эта особенность ОПН определяет возможность значительно более глубокого ограничения перенапряжений, чем при использовании разрядников.

Применение ОПН на контактной сети позволяет повысить надёжность изоляции контактной сети за счёт снижения уровня грозовых перенапряжений; исключить срабатывания фидерных выключателей тяговых подстанций и постов секционирования при грозовых воздействиях и снизить расходы на их обслуживание; сократить эксплуатационные расходы на обслуживание ОПН по сравнению с роговыми и рубчатыми разрядниками на 85-90%.

Ввиду того, что не исключена возможность повреждения ОПН (например, током прямого удара молнии, превышающим пропускную способность ОПН), контактная сеть может оказаться заземлённой через повреждённый ограничитель. Поэтому до накопления опыта эксплуатации и получения достаточных данных о вероятности повреждений подключение ОПН к контактной сети производится через роговой разрядник с одним разрывом, замкнутым медной проволокой диаметром 1,4мм. Величина зазора между роговыми электродами составляет 10+2мм на постоянном токе и 80+5мм на переменном токе.

В случае повреждения ограничителя проволока сгорает, ограничитель отключается от контактной сети. При повторном включении контактная сеть остаётся в рабочем состоянии. Роговый разрядник продолжает осуществлять свои функции по защите, а повреждённый ограничитель выявляется при первом осмотре контактной сети.

Проверка технического состояния и регулировка разрядника производится в следующем порядке:

- проверить заземление опоры и разрядника, надёжность присоединения его к тяговому рельсу или к средней точке дроссель-трансформатора, их изоляцию от опоры контактной сети;
- проверить правильность установки разрядника на опоре, отсутствие проводов, тросов и других конструкций в зоне работы трубчатого или рогового разрядника;

- проверить крепление разрядника на кронштейне и места подключения к ним шлейфов. Проверить состояние электродов разрядника, при необходимости зачистить их наждачным полотном;

- проверить форму дугогасящих рогов рогового разрядника, линейкой – величину искровых промежутков рогового разрядника или внешнего искрового промежутка трубчатого разрядника. При необходимости произвести регулировку изменением длины или положения электрода;

- очистить изоляторы от загрязнения и осмотреть их на предмет отсутствия сколов, трещин и пр.

Порядок выполнения

1. Ознакомиться с содержанием работ по проверке технического состояния разрядника.

2. Описать принцип работы разрядника соответствующего типа, места его обязательной установки.

3. Произвести работы по проверке и регулировке разрядника по вышеизложенной методике. и руководствуясь Правилами устройства и технической эксплуатации контактной сети [2].

4 . Сделать вывод о состоянии разрядника соответствующего типа.

Содержание отчета

1. Описание содержания работ по проверке технического состояния разрядника.

2. Описание принципа работы разрядника соответствующего типа, мест его обязательной установки.

3. Описание работ по проверке и регулировке разрядника по вышеизложенной методике.

4 . Вывод о состоянии разрядника соответствующего типа.

5. Выводы

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены разрядники и какого типа они бывают?

2. Что такое ограничители перенапряжений? Почему в последнее время они имеют преимущественное применение?

3. Из какого материала выполняют внутреннюю поверхность трубчатого разрядника?

4. Почему в конструкции рогового разрядника применяют два последовательно расположенных искровых промежутка?

5. С чем связаны ограничения в применении трубчатых разрядников для контактной сети?

Практическое занятие № 29

Замена дополнительного фиксатора

Цель работы: научиться выполнять работы по замене фиксатора

Исходные данные: фиксатор сочлененный прямой.

Краткие теоретические сведения

Работы по замене фиксатора производят в категории «со снятием напряжения». До начала работ подбирают фиксатор в соответствии с документацией, армируют его изолятором и необходимыми деталями крепления. Проверяют внешним осмотром комплектность и качество изготовления всех элементов и деталей. На резьбовых соединениях прогоняют резьбу и наносят на нее смазку.

В фиксаторах всех типов устанавливаются стержневые изоляторы или на участках постоянного тока два изолятора тарельчатого типа (ФТФ-40), жестко соединенные между собой специальным зажимом сочленения.

Все изделия из черных металлов должны иметь защитное антикоррозийное покрытие.

Замену фиксатора производят в следующей последовательности:

1. Демонтаж фиксатора

- перед демонтажом фиксатора на ограждении вышки делают отметку положения контактного провода;
- с помощью полиспаста снимают нагрузку с фиксатора, отсоединяют дополнительный фиксатор от контактного провода и подвязывают к основному стержню фиксатора;
- отсоединяют поддерживающие, страхующие, наклонные струны, жесткие распорки от основного стержня фиксатора;
- отсоединяют фиксатор с изолятором от узла крепления на фиксаторном кронштейне консоли и опускают на пол рабочей площадки.

2. Монтаж нового фиксатора

- поднимают подготовленный фиксатор в сборе на рабочую площадку автомотрисы, соединяют изолятор с кронштейном, установленном на опоре;
- присоединяют к основному стержню фиксатора поддерживающие, наклонные, страхующие струны или жесткие распорки;
- при помощи полиспаста установить зигзаг контактного провода в прежнее положение (по отметке на ограждении площадки), перемещая фиксаторную стойку по основному стержню фиксатора и зафиксировать контактный провод фиксирующим зажимом. Гайки должны быть затянуты.

3. Регулировка фиксатора

- регулируют горизонтальное и вертикальное положение основного стержня сочлененного фиксатора косыми поддерживающими струнами;
- устанавливают необходимое расстояние между контактным проводом и основным стержнем фиксатора;
- проверяют величину смещения вдоль пути вместе крепления к контактному проводу. Величина смещения не должна превышать при крайних значениях температуры 1/3 длины фиксатора в обе стороны от среднего положения.

Порядок выполнения

1. Дать описание назначения фиксаторов и перечислить их типы.
2. Ознакомиться с порядком проведения работ по замене фиксатора. Произвести работы по замене фиксатора на макете в аудитории.

Содержание отчета

1. Описание назначения фиксаторов и перечисление их типов.
2. Описание порядка проведения работ по замене фиксатора. Производство работ по замене фиксатора на макете в аудитории.
3. Выводы.

Контрольные вопросы

1. Каким образом взаимодействуют между собой контактный провод и дополнительный стержень фиксатора?
2. Каким образом разгружают дополнительный стержень фиксатора при его демонтаже?
3. Как регулируют зигзаг контактного провода?
4. Как выполняется работа по замене фиксатора в отношении мер безопасности?
5. Какие машины и механизмы используются при выполнении работ?

Практическое занятие № 30

Составление перечня необходимых материалов, поддерживающих и фиксирующих устройств для анкерного участка перегона

Цель работы: научиться составлять перечень необходимых материалов и устройств для анкерного участка перегона.

Исходные данные: анкерный участок на перегоне (монтажный план перегона из курсового проекта [8]).

Краткие теоретические сведения

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

В практическом занятии предлагается составить перечень необходимых материалов, поддерживающих и фиксирующих устройств для контактной сети, сооружаемой на перегоне.

Для этого необходимо воспользоваться монтажным планом перегона, конкретно его спецификацией, заполнить предлагаемую таблицу 37 с учётом марки того оборудования, которое указано в соответствующих таблицах монтажного плана.

Таблица 37 Спецификация элементов, оборудования, материалов поддерживающих устройств

Наименование	Количество, шт.	Длина, м	Масса, т
Опоры:			
СС 136,6 - I			
СС 136,6 - II			
СС 136,6 - III			
Анкер ТА-4			
Оттяжка А-2			
Плита опорная ОП-2			
Комплект закладных деталей опор			
Несущий трос (тип)			
Контактный провод (тип)			
Провод средней анкеровки ПБСМ-70			
Изоляторы консольные КСФ-100-25/0,95; КСФ-70-25/0,95			
Провода:			
БСМ - 4			
БСМ - 6			
Консоли:			
ИТР- II (НТР- II)			
ИТС- II (НТС- II)			
ИР- II (НР- I -5)			
ИС- II (НС- I -5)			
Фиксаторы:			
ФП, ФПИ			
ФО, ФОИ			
ФА, ФАИ			

Порядок выполнения

1. Дать описание назначения средней анкеровки цепных контактных подвесок.
2. Пользуясь курсовым проектом (монтажным планом перегона), подсчитать необходимое количество материалов и устройств для контактной сети перегона. Общие данные к анкерному участку контактной сети перегона свести в таблицу 37.

Содержание отчета

1. Описание назначения средней анкеровки цепных контактных подвесок.
2. Расчет необходимого количества материалов и устройств для контактной сети перегона.
3. Заполненная таблица 37.
4. Выводы.

Контрольные вопросы

1.Какие работы по сооружению контактной сети относятся к строительным работам, а какие к монтажным?

2. Какие машины используют при сооружении контактной сети?

3. Какими способами производят монтаж проводов цепной контактной подвески?

4. Как выбирают способ производства работ по сооружению контактной сети?

5. Как производят проверку и приёмку участка в эксплуатацию?

Перечень рекомендуемой литературы

Основные источники:

1. Приказ Минтранса РФ от 21.12.2010 г. № 286 «Об утверждении Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации» (ред. от 13.06.2012 с изм., вступившими в силу с 01.07.2012).

2. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог, утверждены МПС России 11.12.2001г. ЦЭ-868, 2006.

3. Правила безопасности при эксплуатации контактной сети и устройств электроснабжения автоблокировки железных дорог ОАО «РЖД» № 103 от 16.12.2010.

4. Инструкция по безопасности для электромонтеров контактной сети. №104 от 16.12.10г.

5. *Бондарев Н.А., Чекулаев В.Е.* Контактная сеть: Учебник для студентов техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. — М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2009.

6. *Ерохин Е.А.* Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание контактной сети и воздушных линий. — М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2009.

Дополнительные источники:

7. *Зимакова А.Н, В.М. Гиенко В.М., Скворцов В.А.* Контактная сеть электрифицированных железных дорог. Учебное пособие для колледжей и техникумов ж.д. транспорта. — М.: ФГОУ «УМЦ ЖДТ», 2010.

8. *Чайкина Л.П.* Контактная сеть. Методическое пособие по выполнению курсового проекта. — М.: ФГОУ «УМЦ ЖДТ», 2010.

9. Каталог арматуры контактной сети электрифицированных железных дорог, утверждён ЦЭ МПС России 10.05.2000.

10. Технологические карты на работы по содержанию и ремонту устройств контактной сети и воздушных линий электропередачи электрифицированных железных дорог, Книга 1, Капитальный ремонт – переработаны и дополнены новыми технологическими картами. — М.: Трансиздат, 2012.

ЭОР

1. *Бондарев Н.А., Чекулаев В.Е.* Контактная сеть: Учебник для студентов техникумов и колледжей ж.-д. транспорта. — М.: ГОУ «УМЦ ЖДТ», 2009.

Интернет-ресурсы:

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам http://window.edu.ru/catalog/resources?p_sort=1&p_rubr=2.2.75.24.6.

2. Журнал «Железные дороги мира». Форма доступа — портал корпоративных журналов ОАО «РЖД»: http://www.zdr-journal.ru/index.php/mag_info).

3. Журнал «Локомотив» — портал корпоративных журналов ОАО «РЖД»: http://www.zdr-journal.ru/index.php/mag_info).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ……..……...	3
Практическое занятие № 1. Выбор типа контактной подвески …….	6
Практическое занятие № 2. Подбор деталей и материалов для узлов контактной сети ……..……..	9
Практическое занятие № 3. Подбор типовых фиксаторов для заданной схемы расположения опор …….....	16
Практическое занятие № 4. Определение расчётных нагрузок для различных типов подвесок ……..……...……	19
Практическое занятие № 5. Определение расчётных длин пролётов …..…...	24
Практическое занятие № 6. Определение длин пролетов контактной подвески методом применения номограмм ……...…….	27
Практическое занятие № 7. Составление схемы питания и секционирования железнодорожной станции и прилегающих перегонов ……..….	29
Практическое занятие № 8. Механический расчет анкерного участка цепной контактной подвески. Определение расчетного режима…….……	33
Практическое занятие № 9. Составление графика натяжения нагруженного несущего троса в зависимости от температуры ……..……..……...	37
Практическое занятие № 10. Расчет и построение стрел провеса несущего троса ……...…….	39
Практическое занятие № 11. Расчет и построение стрел провеса контактного провода ……...	41
Практическое занятие №12 Подбор типовых консолей контактной сети …..	43
Практическое занятие № 13. Расчёт изгибающего момента, действующего на опору и подбор промежуточной опоры контактной сети ……..……	46
Практическое занятие № 14. Выбор способа закрепления опоры в грунте ….	54
Практическое занятие № 15. Изучение конструкции разрядников ……..…...	57
Практическое занятие № 16. Исследование работы защитных устройств в цепи заземления ……...…	60
Практическое занятие № 17. Анализ износа контактного провода в анкерном участке …...……...……...	62
Практическое занятие № 18. Оформление наряда-допуска на производство работ ……..	64
Практическое занятие № 19. Оформление оперативной документации на производство работ ……..	70
Практическое занятие № 20. Определение категории работ в отношении мер безопасности …….	73
Практическое занятие № 21. Ведение оперативных переговоров ……..…….	76
Практическое занятие № 22. Балльная оценка состояния контактной сети …	78
Практическое занятие № 23. Обеспечение бесперебойной и надёжной работы контактной сети в тяжелых метеоусловиях …….	81

Практическое занятие № 24. Проверка технического состояния и регулировка воздушной стрелки ……	86
Практическое занятие № 25. Проверка технического состояния и регулировка секционного изолятора …….	89

Практическое занятие № 26. Проверка технического состояния и регулировка секционного разъединителя …….	91
Практическое занятие № 27. Проверка технического состояния и регулировка изолирующего сопряжения ……..	94
Практическое занятие № 28. Проверка технического состояния и регулировка разрядников ……	97
Практическое занятие № 29. Замена дополнительного фиксатора ……..	100
Практическое занятие № 30. Составление перечня необходимых материалов, поддерживающих и фиксирующих устройств для анкерного участка перегона ……..	102