

Министерство образования Российской Федерации

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

621.3
К 651

№ 2687

КОНТАКТНАЯ СЕТЬ

Программа курса, задание на курсовую работу
с методическими указаниями для студентов IV– V курсов
дневного и заочного отделений специальности 180700
«Электрический транспорт»

НОВОСИБИРСК
2004

УДК 621.332.3 (07)
К 651

Составитель канд. техн. наук, доц. *В.И. Сонов*

Рецензент д-р техн. наук, доц. *Н.И. Щуров*

Работа подготовлена на кафедре
«Электрический транспорт»

© Новосибирский государственный
технический университет, 2004

ВВЕДЕНИЕ

Контактная сеть является подсистемой сложной технической системы – электрический транспорт. Целевая функция контактной сети – распределение и подвод электрической энергии к электроподвижному составу посредством контакта с токоприемником. Токосъем осуществляется в динамической системе контактная подвеска – токоприемник. Обеспечение качественного токосъема является важной задачей для устойчивой работы транспорта.

Контактную сеть можно рассматривать как энергетическую установку, выполняющую такие же функции, как и сети энергосистем. Однако в отличие от обычных линий электропередачи здесь энергия подводится к потребителю, постоянно меняющему свое положение. Это обуславливает существенное усложнение конструкций контактной сети.

Знание устройств контактной сети, процессов токосъема необходимо для специалистов в области электрического транспорта. Учебный курс «Контактная сеть» присутствует в учебных планах в составе дисциплин «Теория электрической тяги», «Электрический транспорт». Программа курса содержит, помимо перечня тем лекционных занятий, перечень знаний и умений. Для текущей и итоговой проверки знаний разработаны контрольные вопросы (тесты), приведены рекомендации по изучению курса и организации самостоятельной работы. Методические указания по изучению курса содержат задания и варианты исходных данных к курсовой работе.

Единого учебника «Контактная сеть», разработанного для специальности 1807, нет. Рекомендуемая литература больше подходит для железнодорожного транспорта. Для трамвая, троллейбуса рекомендуемая литература относится к среднему техническому образованию. Важно ознакомиться с нормативной литературой, что позволит быстрее адаптироваться к производственным условиям.

Предлагаемые методические указания предназначены студентам дневного и заочного отделений.

1. Программа курса «Контактная сеть»

1.1. Требования государственного образовательного стандарта (ГОС) и основной образовательной программы (ООП) по подготовке инженера специальности 180700 «Электрический транспорт» направления 654500 «Электротехника, электромеханика, электротехнологии»

Настоящий курс входит в число дисциплин регионального компонента, преподается как специальный предмет по одной из составных частей системы «Электрический транспорт».

Требования ГОС и ООП по подготовке инженера специальности 180700 «Электрический транспорт» состоят в следующем:

– **должен знать:**

- устройства и конструкции контактных подвесок, узлов, специальных частей, опор, консолей, гибких поперечин, токоъемников;
- расчеты механических нагрузок на элементы конструкций;
- алгоритмы расчетов контактных подвесок;
- принципы расчетов поддерживающих устройств выбора опорных конструкций и фундаментов;
- характеристики токоъемных устройств и контактных подвесок в системе токосъема;
- принципы оценок качества токосъема;
- свойства материалов, применяемых в контактной сети и токоприемниках;

– **должен уметь:**

- выполнять трассировку контактных линий и разрабатывать планы контактной сети;
- выбирать обоснованно типы контактных подвесок, поддерживающих и опорных устройств;
- выполнять расчеты монтажных зависимостей (таблиц);
- определять характеристики токоприемников;

- оценивать качество токосъема, износы контактирующих элементов;
- разрабатывать документацию по содержанию и ремонту контактной сети.

1.2. Принципы преподавания курса «Контактная сеть»

Программа курса соответствует требованиям ГОС и ООП по подготовке инженера специальности 180700 направления 654500 «Электротехника, электромеханика, электротехнологии».

Курс имеет прикладную направленность, знания и умения студентами приобретаются при изучении курса, выполнении лабораторного цикла, решении задач в расчетно-графических и контрольных работах.

Структурирование курса основано на делении на модули, содержащие темы. Оценка деятельности студента ведется по рейтинговой системе.

Методическая обеспеченность курса включает рабочую программу, методические указания к лабораторному циклу, руководство к курсовому и дипломному проектированию, учебные пособия, курсовые задания на типовые расчеты, положение о рейтинговой оценке деятельности студентов, перечень литературы, контрольные вопросы.

1.3. Цели изучения курса «Контактная сеть»

Общеинтеллектуальные цели:

- выработка представлений об окружающей искусственной среде обитания человека, как состоящей из взаимосвязанных и взаимозависимых технических систем, которые находятся в постоянном развитии;
- развитие пониманий научно-технического прогресса как непрерывного процесса совершенствования существующих и создания новых технических систем и технологий на основе достигнутого уровня научного знания.

Предметные цели курса

Предметные цели курса приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Цели изучения курса «Контактная сеть»

№ модуля	Знать смысл и осознанно использовать понятия	Уметь
1	<ul style="list-style-type: none">• Тяговая сеть, контактная сеть, контактная подвеска• Опорные, поддерживающие устройства• Системы токосъема, класс, тип, вид контактной подвески• Пролет, стрела провеса, натяжение провода• Контактные подвески простые цепные, специальные виды• Компенсатор, зигзаг, анкерный участок, сопряжение• Трассировка контактных линий, габариты• Контактный провод, тросы, проволока• Изолятор, изоляция элементов сети• Специальная часть, узел (сборка), фиксатор	<ul style="list-style-type: none">• Определять понятия тяговой, контактной сетей, контактных подвесок• Классифицировать контактные подвески• Определять понятия параметров подвесок• Размещать устройства контактной сети над проезжей частью дорог и рельсовыми путями• Составлять планы контактной сети• Воспроизводить кинематические схемы компенсаторов• Объяснять принципы устройства специальных частей• Давать характеристики свойств контактных проводов, тросов, изоляторов• Составлять сборки узлов

Продолжение табл. 1

№ модуля	Знать смысл и осознанно использовать понятия	Уметь
2	<ul style="list-style-type: none"> • Метод расчетов контактной сети (КС), климатические факторы • Механические нагрузки проводов, тросов • Уравнение провисания и длины провода в пролете • Уравнение состояния провода • Критические пролет, нагрузка, температура • Пролеты эквивалентный, экономический, расчетный • Алгоритм расчетов свободно подвешенных проводов • Приведенные нагрузки и натяжения цепной контактной подвески (ЦКП), конструктивный коэффициент • Уравнение состояния ЦКП • Монтажная зависимость • Алгоритм расчетов ЦКП • Допустимый пролет по условиям ветровых отклонений проводов 	<ul style="list-style-type: none"> • Оценивать климатические факторы • Определять нагрузки проводов от массы, гололеда, ветра • Получать уравнения провисания и длины провода в пролете, состояния провода • Определять пролеты критические, эквивалентные • Воспроизводить алгоритм расчетов проводов • Выполнять расчеты монтажных зависимостей простых и цепных подвесок • Определять приведенные нагрузки, натяжения, конструктивные коэффициенты ЦКП • Проводить расчеты монтажных зависимостей ненагруженных тросов ЦКП

Продолжение табл. 1

№ модуля	Знать смысл и осознанно использовать понятия	Уметь
3	<ul style="list-style-type: none"> • Конструкция поддерживающего устройства: поперечина гибкая, простая, цепная, консоль, кронштейн • Конструкции опор, фундаментов • Расчетные нагрузки поддерживающих устройств, опор, фундаментов • Характеристики грунтов, способы закрепления опор в грунте • Расчет поддерживающего устройства, подбор типа опоры, расчет фундаментов • Условный, заданный фундамент 	<ul style="list-style-type: none"> • Определять геометрические размеры и расчетные нагрузки поддерживающих устройств, опор, фундаментов • Составлять расчетные схемы поперечно-несущих и фиксирующих тросов, консолей, опор и фундаментов • Выполнять расчеты гибких и консольных поддерживающих устройств • Подбирать типы опор и фундаментов
4	<ul style="list-style-type: none"> • Конструкции и характеристики токоприемников • Методы определения характеристик токоприемников • Эластичность и приведенная масса контактных подвесок • Эквивалентные схемы и уравнения взаимодействия контактной подвески и токоприемников, диаграмма изменений контактного нажатия 	<ul style="list-style-type: none"> • Воспроизводить кинематические схемы токоприемников • Определять характеристики токоприемников и КП в системе токосъема • Воспроизводить эквивалентные схемы взаимодействий • Определять составляющие контактных нажатий

№ модуля	Знать смысл и осознанно использовать понятия	Уметь
4	<ul style="list-style-type: none"> • Расчет взаимодействия КП и токоприемников • Критерии качества токосъема 	<ul style="list-style-type: none"> • Выполнять расчеты контактных нажатий и траектории полозов • Определять критерии качества токосъема
5	<ul style="list-style-type: none"> • Состав проектной документации на контактную сеть • Технология монтажа КС • Технологическое обслуживание и ремонт КС 	<ul style="list-style-type: none"> • Составлять технологические карты монтажа КС • Разрабатывать текущие и перспективные планы содержания и ремонта КС

1.4. Содержание курса

Содержание лекций

Введение. Развитие контактных сетей и токосъема (историческая справка). Особенности контактной сети (КС) как энергетической установки. Требования к КС электрического транспорта (ЭТ). Обзор источников информации.

Модуль 1. Конструкции контактной сети

1.1. Контактные подвески. Классификация контактных подвесок (КП). Простые КП с сезонной регулировкой на петлевых и наклонных струнах. Цепные контактные подвески (ЦКП): классификация, параметры, конструктивные схемы пролетов. Специальные виды КП: назначение и принципы устройства.

1.2. Детали, узлы и специальные части КС. Схемы анкерных участков и сопряжения. Устройства автоматической компенсации удлинений контактных проводов, зигзагов и фиксаторов. Специальные части КС – пересечения контактных линий, автоматические стрелки, секционные изоляторы, кривые держатели. Узлы (сборки) подвешивания тросов и контактных проводов к поддерживающим устройствам. Трассировка контактных линий, габариты, разработка планов КС.

1.3. Контактные провода, тросы и проволока, применяемые в КС. Геометрические формы сечений, материалы, механические и электрические параметры и характеристики проводов и тросов.

1.4. Изоляторы и принципы выполнения изоляции КС. Конструкции, материалы, механические и электрические свойства изоляторов. Принципы выполнения изоляции в КС электрического транспорта. Устройства контактных рельсов метрополитенов.

Модуль 2. Механические расчеты цепных контактных подвесок

2.1. Назначение и методы расчетов КС. Расчетные метеорологические факторы. Механические нагрузки проводов и тросов от массы, при гололеде и ветре.

2.2. Уравнения провисания свободно подвешенных проводов. Длина провода в пролете. Натяжения и стрелы провеса провода при изменении атмосферных условий (вывод уравнения состояния провода). Критические величины: пролет, нагрузка, температура.

2.3. Расчет провода в анкерном участке. Эквивалентный пролет. Общий алгоритм расчетов свободно подвешенных проводов. Расчеты контактных подвесок с сезонной регулировкой и на наклонных струнах.

2.4. Вывод уравнения для стрел провеса несущего троса. Приведенные нагрузки, натяжения и уравнение состояния цепной контактной подвески (ЦКП). Определение основных величин в уравнении состояния ЦКП.

2.5. Критические нагрузки и эквивалентный пролет ЦКП. Расчет ненагруженного несущего троса. Алгоритм расчетов ЦКП. Ветровые отклонения контактных проводов и допустимые длины пролетов.

Модуль 3. Выбор и расчеты поддерживающих устройств, опор и фундаментов

3.1. Расчетные нагрузки поддерживающих и опорных устройств. Расчеты поперечно-несущих и фиксирующих тросов гибких поперечин. Конструкции и расчеты консольных поддерживающих устройств и кронштейнов.

3.2. Конструкции, расчетные нагрузки и подбор типов опор. Расчеты закрепления опор в грунте.

Модуль 4. Взаимодействие контактных подвесок и токоприемников

4.1. Конструкции токоприемников подвижного состава. Характеристика конструктивных узлов много- и однорычажных токоприемников. Характеристики токоприемников и способы их определения.

4.2. Характеристики контактных подвесок, проявляющиеся в системе токосъема. Эквивалентные схемы и уравнения взаимодействия КП и токоприемников. Диаграммы изменений контактных нажатий.

4.3. Расчеты и моделирование контактных нажатий и траекторий полозов токоприемников. Критерии качества токосъема.

Модуль 5. Организация проектирования, монтажа и содержания контактной сети

5.1. Последовательность разработки проектов КС. Состав проектной документации. Технология монтажа, технологическое оборудование, состав монтажной документации.

5.2. Характеристика технических обслуживаний и ремонтов КС. Износы контактных проводов и меры по их снижению.

Тематика практических занятий

1. Трассировка контактных линий. Условные обозначения на планах КС, формирование анкерных участков и сопряжений.

2. Расчеты компенсаторов грузовых, пружинных, облегченного типа.

3. Выбор типов контактной подвески, длин пролетов на прямых и кривых участках пути. Составление планов КС.

4. Расчет механических нагрузок проводов. Определение стрел провесов, длин провода в пролетах.

5. Расчет свободно подвешенного провода и простых контактных подвесок.

6. Расчет цепной контактной подвески.

7. Расчеты поперечно-несущего и фиксирующего тросов поперечин.

8. Подбор типов опор и расчеты фундаментов.

9. Расчеты траекторий полозов и контактных нажатий.

Продолжительность практических занятий 2 ч.

Темы лабораторных занятий

1. Изучение и исследование конструкций КС трамвая и троллейбуса.

2. Исследование влияния температуры внешней среды на натяжения и стрелы провеса простых контактных подвесок.

3. Исследование влияния температуры внешней среды на натяжения и стрелы провеса проводов цепных контактных подвесок.

4. Исследование характеристик пантографных и штанговых токоприемников.

Продолжительность лабораторной работы 4 ч. В семестре проводятся практические занятия или цикл лабораторных работ.

Контрольная работа

Контрольная работа выполняется по темам модуля 2 на тему: «Механические расчеты цепных контактных подвесок».

Исходные данные к работе: вид транспорта, состав проводов ЦКП, метеорологические факторы, длина эквивалентного пролета, длина анкерного участка.

Вопросы, подлежащие решению: расчет механических нагрузок ЦКП; выбор исходного режима, оценка расчетных величин в исходном режиме; расчет монтажных зависимостей по уравнению состояния ЦКП и определение стрел провесов несущего и контактного проводов; расчет монтажных зависимостей ненагруженного несущего троса; выбор и расчет устройства компенсации температурных удлинений. Объем работы – 5–10 с. машинописного текста. Контрольная работа может быть заменена рефератом. Работа может выполняться по индивидуальному заданию.

Расчетно-графическая работа

Тема работы: «Проектирование участка контактной сети».

Расчетно-графическая работа выполняется в том случае, когда в учебном плане не предусмотрена контрольная работа.

Исходные данные к работе: ситуационный план прохождения контактных линий; составы проводов контактных подвесок; метеорологические факторы.

Вопросы, подлежащие решению: оценка ситуационного плана и выбор типов контактных подвесок, выбор и обоснование трассы контактных линий, разработка плана КС одного анкерного участка, расчеты монтажных зависимостей, выбор и расчеты поддерживающих устройств, опор и фундаментов.

Объем расчетно-графической работы – 10–15 с. машинописного текста.

Курсовая работа

Тема курсовой работы: «Проектирование участка контактной сети». В курсовой работе исходные данные те же, что и в РГР. В части вопросов, подлежащих решению, дополнительно к РГР решаются задачи: выбор типов контактных подвесок в вариантах и их технико-экономическое сравнение; оценка качества контактной подвески в системе токосъема. Механические расчеты контактных подвесок выполняются для двух вариантов КП. Объем курсовой работы – 15–20 с. машинописного текста.

1.5. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа состоит в следующем:

- изучение теоретического материала;
- выполнение заданий практических занятий;
- подготовка к лабораторным работам и их защита;
- выполнение контрольной работы;
- выполнение расчетно-графической работы;
- выполнение курсовой работы;
- выполнение промежуточных тестов.

Общее время на самостоятельную работу для студентов дневной формы обучения 40 ч.

1.6. Учебно-методические материалы по курсу «Контактная сеть»

Л и т е р а т у р а

Основная

1. *Марквардт К.Г., Власов И.И.* Контактная сеть. – М.: Транспорт, 1982 (и последующие издания).
2. *Фрайфельд А.В.* Проектирование контактной сети. – М.: Транспорт, 1984 (и последующие издания).
3. *Тарнижевский М.В., Томлякович Д.К.* Проектирование устройств электроснабжения трамвая и троллейбуса. – М.: Транспорт, 1987.
4. *Быков Е.И, Панин Б.В., Пупынин В.М.* Тяговые сети метрополитена. – М.: Транспорт, 1987.

Дополнительная

5. *Афанасьев А.С., Долаберидзе Г.П., Шевченко В.В.* Контактные и кабельные сети трамваев и троллейбусов. – М.: Транспорт, 1979 (и последующие переиздания)
6. *Беляев И.А., Вологин В.А.* Взаимодействие токоприемников и контактной сети. – М.: Транспорт, 1983.
7. *Ивин К.В., Трофимов А.Н., Энгельс Г.Г.* Токосъем городского наземного транспорта. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1965 (ГПНТБ).

Методическая

8. *Сопов В.И.* Контактная сеть трамвая и троллейбуса. – Новосибирск: НЭТИ, 1982.
9. *Сопов В.И.* Расчеты тяговых сетей с применением ЭВМ. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию. – Новосибирск: НЭТИ, 1989.
10. *Правила проектирования контактной сети трамвая и троллейбуса.* – М.: ОНТИ АКХ им. Памфилова, 1988.
11. *Правила технического обслуживания и ремонта контактных сетей трамвая и троллейбуса.* – М.: Концерн росгорэлектротранс РСФСР, 1991. – 49 с.

2. Организация работы студентов по изучению курса «Контактная сеть»

2.1. Организация работы студентов

В ходе изучения курса студент должен вести:

- запись лекций, конспект материалов из литературных источников;
- тетрадь по практическим занятиям с записью задач, их решений и подготовительных материалов;
- тетрадь отчетов по лабораторным работам.

Указанная документация представляется по требованию преподавателя, там же проставляются отметки о зачете и рейтинговые оценки.

Эта документация представляется также на итоговый зачет.

Контрольная работа (КП), РГР или курсовая работа (КурР) оформляется в соответствии с методическими указаниями, действующими на кафедре, ведущей курс. Задания на КП, РГР, КурР выдаются перед началом изучения 2-го модуля. По учебному плану обычно предусматривается один вид курсового задания, который и выполняется.

Лабораторные работы должны быть защищены до начала выполнения последующей работы. При отсутствии защиты двух предыдущих работ к выполнению последующей студент не допускается.

Практические занятия могут проводиться взамен лабораторного цикла. Результаты выполнения заданий практических занятий представляются на каждом последующем, о чем преподаватель делает пометку в тетради студента.

В семестре проводятся лабораторные или практические занятия.

2.2. Система рейтинговых оценок

Для стимулирования и систематизации учебной деятельности студентов устанавливается система рейтинговых оценок, показанная в табл. 2.

Система рейтинговых оценок знаний студента

№ п/п	Наименование оцениваемых видов занятий	Единица измерения	Количество баллов	
			Един.	Всего
1	Изучение теоретического материала с проверкой по тестам	Модуль	8	40
2	Выполнение и защита лабораторной работы	ЛР	10	40
3	Выполнение заданий практических занятий	ПЗ	5	(40)
4	Выполнение и защита КР (РГР, КурР) в срок	КЗ	20	20
Всего за семестр				100

Максимальный балл назначается при своевременном и качественном выполнении учебных видов занятий. В случае несвоевременного и некачественного выполнения заданий устанавливается система баллововых скидок по шкале: лекционный модуль – 1–2, лабораторная работа – 1–3, контрольное задание (КР, РГР, КурР) – до 5 баллов.

При условии выполнения всех видов учебных занятий и получении суммарного балла не менее 85 оценка (зачет, экзамен) выставляется без итогового опроса (в случае экзамена соответствует оценке «удовлетворительно»). При меньшем числе баллов проводится итоговый опрос, по результатам которого и аттестуется студент. Если по курсу сдается экзамен, то оценка «хорошо» выставляется при числе баллов не менее 90, а если сумма баллов более 90, то выставляется оценка «отлично».

2.3. Контрольные вопросы (тесты)**Модуль 1**

1. Когда, где и кто разработал первое электрическое транспортное средство с неавтономным источником питания?
2. Как выполнялись системы токосъема у первых электрических транспортных средств?

3. Откуда появились названия транспортных средств «электрический трамвай» (а какой еще), троллейбус?
4. Почему и когда сделан переход от роликового контакта к скользящему? Какого вида применялись на подвижном составе токоприемные устройства?
5. Из каких элементов состоит контактная сеть?
6. Что такое контактная подвеска, контактная линия?
7. Как классифицируют контактные подвески?
8. Что представляют собой и какими параметрами определяются простые контактные подвески? К примеру, что такое стрела провеса, пролет?
9. Как устроены контактные подвески на наклонных струнах и петлевые и чем отличаются от полужестких с сезонной регулировкой?
10. Как классифицируют цепные контактные подвески?
11. Что представляют собой двойные, тройные контактные подвески?
12. Какими параметрами характеризуют (описывают) пролет ЦКП?
13. Где и зачем выполняются косые контактные подвески?
14. Какие специальные виды контактных подвесок вам известны и зачем их используют?
15. Компенсаторы для автоматической компенсации удлинений проводов – как устроены, в чем их преимущество и недостатки?
16. Как устроены секционные изоляторы с дугогашением?
17. Зачем и как выполняют зигзаги контактных проводов и фиксаторы?
18. Как устроены воздушные стрелки в контактной сети троллейбуса? Как управляются стрелочные переводы на рельсовых путях?
19. Зачем и какие кривые держатели применяют в контактной сети троллейбуса?
20. Как обеспечиваются проходы токоприемников в местах пересечения контактных линий и на сопряжениях?
21. Что такое трассы и трассировка контактных линий?
22. Какие габаритные расстояния в плане и по высоте должны выдерживаться при трассировке КС?
23. Какова ширина рельсовой колеи; каково расстояние между осями параллельных путей и КП троллейбуса?

24. Контактные провода монометаллические, биметаллические и комбинированные – из каких материалов их изготавливают, какой они имеют профиль, площади номинальных сечений, как их маркируют?

25. Какими характеристиками и параметрами определяют (описывают) контактные провода, тросы, проволоку?

26. Какие изоляторы применяют в контактной сети и какими параметрами и характеристиками их оценивают?

27. Какие принципы выполнения изоляции контактной сети применяют?

Модуль 2

28. Какие методы расчетов элементов контактной сети применяют и в чем их особенности?

29. Зачем и какие метеорологические факторы необходимы при проектировании и эксплуатации КС?

30. Уравнения провисания и длины провода в пролете – как их можно получить?

31. Какие существуют и как определяют механические нагрузки проводов и тросов? К примеру, что такое приведенные формы гололеда, скоростной ветровой напор?

32. Как атмосферные условия влияют на натяжения и стрелы провеса проводов? Как получить уравнения состояния провода?

33. Зачем нужны и как определяются критические величины: нагрузка, пролет, температура?

34. Что такое эквивалентный пролет?

35. Каков алгоритм расчетов свободно подвешенного провода?

36. В чем особенности расчетов монтажных зависимостей для контактных подвесок с сезонной регулировкой, на наклонных струнах?

37. Как получить уравнения для стрел провеса несущего троса ЦКП?

38. Что такое приведенные нагрузки и натяжения несущего троса ЦКП? Как получить уравнение состояния ЦКП?

39. Каков алгоритм расчетов ЦКП, в чем его отличия от алгоритма расчетов свободно подвешенных проводов?

40. Как определить конструктивный коэффициент, натяжение троса в режиме беспровесного положения контактного провода ЦКП?

41. Как выполнить и зачем нужен расчет ненагруженного контактного провода?

42. Какая связь между ветровыми отклонениями контактных проводов и длиной пролета?

43. В чем состоят понятия пролетов эквивалентного, экономического, расчетного?

Модуль 3

44. Какие виды конструкций поддерживающих устройств применяют в КС?

45. Что представляют собой конструкции консолей, кронштейнов, как определить их геометрические размеры?

46. Какие виды нагрузок и их сочетаний рассматривают при расчетах и выборе поддерживающих устройств?

47. Как рассчитать нагрузки от изломов проводов в местах их фиксации?

48. Какова последовательность расчетов поперечно-несущего троса? В чем цель расчетов?

49. Как рассчитывают фиксирующие тросы?

50. В чем особенности расчетов простых поперечин?

51. Как рассчитывают консольные поддерживающие устройства? Какова цель расчетов?

52. Что представляют собой конструкции опор КС?

53. По каким условиям подбирают опоры?

54. Какими параметрами характеризуют грунты?

55. Что такое условный фундамент?

56. Что такое заданный фундамент?

57. Как определить реактивные моменты закрепления условных и заданных фундаментов?

58. Что такое лежни и каков эффект их применения?

Модуль 4

59. Что собой представляют конструкции многорычажных и однорычажных токоприемников? Каковы их кинематические схемы?

60. Какими характеристиками определяют токоприемники?

61. Что такое приведенная масса токоприемника, контактной подвески?

62. Какие контактные нажатия регламентируются?

63. Что такое эластичность контактной подвески и как ее определить?

64. С чем связана и как рассчитывается динамическая составляющая контактного нажатия?

65. Из каких составляющих складывается контактное нажатие?

66. Что собой представляет диаграмма изменений контактного нажатия?

67. Как можно представить эквивалентную схему взаимодействий токоприемников и контактных подвесок?

68. Что собой представляет и как записывается уравнение взаимодействий КП и токоприемника?

69. Какие имеются методы расчетов контактных нажатий и траектории полозов токоприемников?

70. По каким критериям определяют качество токосъема?

Модуль 5

71. Каков состав проектной документации на КС?

72. Как разрабатывают планы КС?

73. В какой последовательности выполняется монтаж КС?

74. Какое технологическое оборудование используют при монтаже КС?

75. Какие виды технического обслуживания проводят на КС?

76. Каков состав работ при техническом обслуживании КС?

77. В какие сроки и по каким показателям назначают смену контактного провода, средний и капитальный ремонты?

78. Какие устройства и методы применяют для контроля эксплуатационных параметров КС?

79. Как определяют износ контактных проводов?

80. Каковы пути и методы уменьшения износа контактных проводов?

3. Методические указания по изучению курса «Контактная сеть»

3.1. Методические указания по изучению теоретической части курса

Контактная сеть – это техническая система, предназначенная для распределения и подвода электрической энергии к электроподвижному составу посредством контакта с токоприемником.

Таким образом, контактная сеть, с одной стороны, – это механическая система, обеспечивающая взаимодействие с токопри-

емником, а с другой – энергетическая установка, подводящая электрическую энергию к потребителю, меняющему свое местоположение.

Контактные подвески жестко привязаны к пути (дороге). В сравнении с обычными энергетическими сетями КС имеет большую конструктивную сложность, в схеме электроснабжения это единственный не резервируемый по надежности элемент.

При изучении модуля 1 следует обратить внимание на контактные подвески, которые имеют большое разнообразие в связи с видами транспорта, условиями прохождения трассы транспортной линии. *Контактные подвески – это система проводов и тросов, подвешенная к поддерживающим устройствам и образующая контактную линию. Контактная линия – одно направление движения транспортных средств.*

Основным элементом КП являются контактные провода, определяемые механическими и электрическими параметрами. Следует обратить внимание на геометрию поперечных сечений, механические свойства и электрические характеристики проводов. Узлы подвешивания проводов и тросов зависят от вида поддерживающего устройства, формируются из стандартных деталей и изоляторов. Изоляция контактных подвесок выполняется двухступенчатой у трамвая и троллейбуса, сдвоенной на электрических железных дорогах. В случае двухступенчатой изоляции консольные конструкции и гибкие поперечины находятся в нейтральном положении, а КП отделены от опорных устройств двумя ступенями изоляции. Следует обратить внимание на геометрию, механическую и электрическую прочность, материал изоляторов.

В КС в особых местах применяют специальные конструкции (специальные части). Такими особыми местами являются кривые малых радиусов, пересечения, схождения и разветвления контактных линий. Следует усвоить особенности конструкций пересечений проводов, управляемых и неуправляемых стрелок, секционных изоляторов. КС принято делить на анкерные участки. Важно уяснить конструкции сопряжений, устройства автоматической компенсации температурных удлинений. В свою очередь КП состоит из пролетов, параметры которых определяют в ходе расчетов.

Конструкции поддерживающих устройств делят на тросовые поперечины простые и цепные, консольные – на кронштейны прямые и изогнутые. Поперечины и кронштейны крепят к от-

дельно стоящим опорам или опорным конструкциям в виде стен зданий, искусственных сооружений (мосты, тоннели и др.).

Центральной частью курса «Контактная сеть» является раздел «Механические расчеты контактных подвесок». Цель расчетов – получение монтажных зависимостей, используемых при монтаже КС. Эти зависимости представляются функциями натяжений (H, T, K) и стрел провесов (f, F) проводов от температуры (t) и нагрузок (q) – $H, T, K(t, q)$ и $f, F(t, q)$. Основным способом получения этих функций – решение уравнений состояния провода (троса) вида:

$$\frac{q_x^2 l^2}{24 H_x^2} - \frac{q_1^2 l^2}{24 H_1^2} = \alpha(t_x - t_1) + \frac{H_x - H_1}{E S}, \quad (1)$$

где l – длина пролета (расчетного, эквивалентного); 1, x – индексы для величин в исходном (1) и определяемом (x) режимах; α, E, S – параметры провода.

Под режимом здесь понимают сочетание метеорологических факторов. Формула (1) получена на основании уравнений провисания и длины нити в пролете:

$$y = \frac{q x^2}{2 H}; \quad L = l + \frac{q^2 l^3}{24 H^2}. \quad (2)$$

При изучении модуля 2 важно понять переходы от свободно подвешенных проводов к простым, и от них к цепным КП. При рассмотрении цепных КП расчеты выполняют для несущего троса, при этом используют понятия приведенных нагрузок, натяжения. Следует также уяснить понятия и назначение критических величин: пролета, нагрузки, температуры. Пример расчета таких зависимостей приведен в [2].

В модуле 3 рассматриваются способы выбора поддерживающих устройств, опор и фундаментов. Инженерные методики расчетов гибких поперечин, консольных конструкций основаны на методах прикладной механики. Расчетные схемы этих устройств принято представлять двухопорными или защемленными балками, для которых определяют геометрические размеры, действующие силы в различных режимах. На этом основании оценивают изгибающие моменты, силы растяжения и сжатия и по ме-

тому допустимых напряжений определяют расчетные параметры элементов.

Опоры КС подбирают из числа типовых по высоте и действующему у основания моменту. Закрепление опор в грунте предполагает выбор способа устройства фундамента, его соединения с надземной опорой. Методика расчетов фундаментов, характеристики грунтов приведены в [1, 6].

При изучении тем модуля 4 следует обратить внимание на две взаимодействующие системы – токоприемник и контактную подвеску. Качество токосъема определяется характером изменения контактного нажатия в пролете при движении поезда. Контактное нажатие формируется статическими, динамическими и аэродинамическими силами, проявляющимися в точке контакта. Эти силы зависят от конструкций и характеристик контактирующих элементов. Важно уметь воспроизводить кинематические схемы токоприемников, понимать конструктивные части: привод, подъемный механизм, контактная часть (полоз, головка, вставка, каретка и др.). Свойства токоприемников определяются следующими характеристиками: статической, динамической, амплитудно-частотной, аэродинамической, нагрузочной и боковой жесткости. В свою очередь характеристиками КП, проявляющимися в системе токосъема, являются эластичность в пролете и приведенная масса. Для понимания процессов токосъема важно знать эквивалентную схему взаимодействий, а на основе расчетов контактных нажатий оценивать качество токосъема. Учебные тексты по токосъему можно найти в [1, 6, 7].

В модуле 5 изучаются вопросы проектирования монтажа и эксплуатации КС. Учебные материалы по разделу приведены в [3, 5, 11] и другой специальной литературе. Проектная документация включает планы КС, чертежи нестандартных изделий и оборудования, спецификации. За основу рабочего проекта принимается какой-либо вариант типового проекта, привязка которого и выполняется для конкретного полигона. Монтаж КС выполняется в определенной последовательности с применением специальных механизмов и приспособлений. Следует обратить внимание на опыт монтажа, эффективность механизации работ. Системы ремонта и содержания КС обычно подробно оговариваются в специальных правилах [11], технологических картах, с которыми следует ознакомиться на практике.

Изучение теоретической части курса следует вести последовательно по разделам. Каждый из разделов обычно подкрепляется лабораторной работой, практическим занятием, прорабатывается частично в курсовой работе. Степень усвоения материала лучше всего проверить по тестам (контрольным вопросам), приведенным в программе, а требования к знаниям и умениям приведены в разделе «предметные цели курса».

3.2. Задание на курсовую работу по курсу «Контактная сеть»

Тема работы

Проектирование участка контактной сети троллейбуса (трамвая)

Исходные данные

1. Ситуационный план прохода трассы контактных линий (рис. 1, табл. 3).
2. Климатические факторы (табл. 4).
3. Типы контактных проводов и тросов (табл. 5).
4. Вид транспорта (рис. 1, а, б).

Вопросы, подлежащие решению

1. Составить план прохода трассы контактных линий, определить координаты характерных точек.
2. Обосновать применение классов и типов контактных подвесок, длин пролетов и хорд.
3. Разработать план контактной сети.
4. Составить расчетную схему анкерного участка, кинематические схемы компенсаторных устройств.
5. Выполнить расчеты механических нагрузок проводов и тросов.
6. Определить исходный режим, эквивалентный пролет и провести расчеты монтажных зависимостей для натяжений и стрел провесов проводов.
7. Составить расчетные схемы и выбрать параметры элементов поддерживающих устройств.
8. Подобрать тип опор и выполнить расчет их закрепления в грунте.

3.3. Варианты исходных данных к курсовой работе

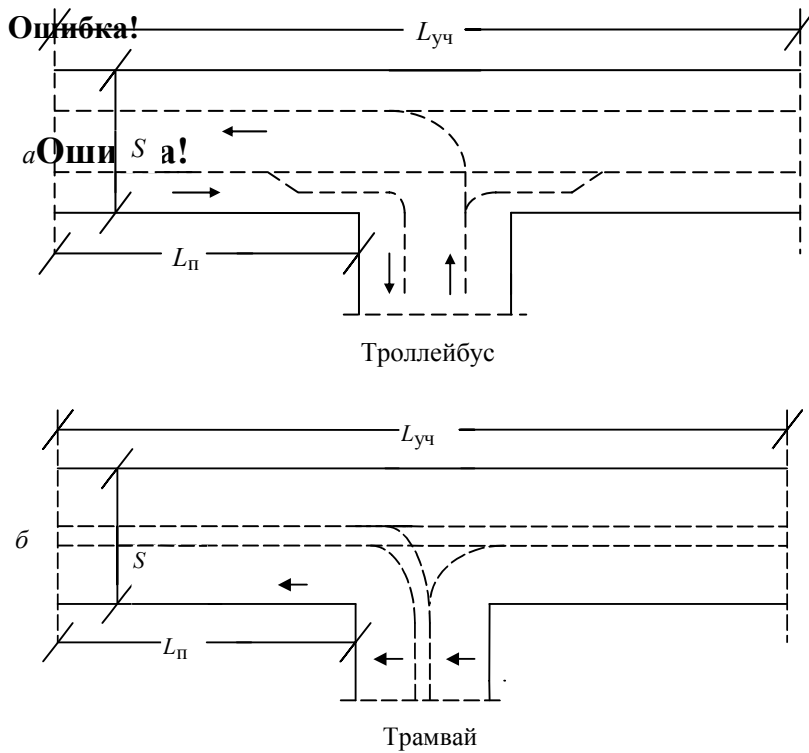


Рис. 1. Ситуационные планы прохождения трасс контактных линий

Таблица 3

Варианты исходных данных к ситуационному плану

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$L_{уч}$, км	1,2	1,4	1,3	1,0	1,1	1,4	1,5	0,8	0,9	0,95	1,15	1,25
$L_{п}$, км	0,2	0,4	0,3	0,2	0,1	0,6	0,7	0,1	0,2	0,2	0,3	0,6
S , м	12	14	16	18	20	22	24	25	26	28	30	32

Т а б л и ц а 4

Данные по климатическим факторам

№ варианта		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t, ^\circ\text{C}$	min	25	27	30	32	34	36	38	40	42	37	41	44
	max	40	35	38	42	32	37	40	40	35	30	35	32
Район	гололед	2	4	3	5	1	3	5	2	4	5	4	3
	ветер	6	3	5	2	7	5	3	6	4	2	3	5

Т а б л и ц а 5

Типы проводов и тросов контактных подвесок

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8
Конт. провод	МФ-85	МФ-65	МФ-100	МФ-120	МФ-150	БрФ-100	БрФ-85	ПКСА-80/180
Трос	ПС-35	ПС-25	ПС-50	ПБСМ-70	ПБСМ-95	ПС-35	ПС-25	ПБСМ-70

3.4. Методические указания по выполнению курсовой работы

Приведенное задание в полном объеме выполняется в курсовой работе. В случае расчетно-графической работы задание выполняется, начиная с п. 4; в контрольной работе решаются только вопросы пп. 4–6. До начала работы над заданием следует ознакомиться с методическими указаниями [8, 9], а по возможности изучить материалы по проектированию КС [10]. Следует изучить условные обозначения, применяемые на планах КС, принципы выбора типов контактных подвесок, длин пролетов.

Работу над планом КС следует начать с прокладки трасс контактных линий. Трассы намечаются в соответствии с габаритами приближения строений. *Габарит – предельные очертания пространства, в которое не должны заходить никакие части сооружений.* Трассы линий трамвая намечаются по оси улиц, троллейбуса – не далее 4,5 м от линии тротуаров. На трассах отмечают характерные точки, к числу которых относятся начало и конец

кривых радиусом менее 100 м, места схождения, разветвления и пересечения линий, съезды, поворотные кольца.

Участки между характерными точками оценивают по длине. Если эта длина более 400 м, то здесь намечается прокладка цепной полукомпенсированной КП, а в случае длины 250–400 м – цепная некомпенсированная, менее 250 м – простая КП.

Полный анкерный участок КС между двумя сопряжениями и со средней анкеркой в середине имеет длину 800–1200 м. При длинах менее 800 м устраивают одностороннюю компенсацию. Наиболее сложной частью плана является устройство КС на участках разветвления и схождения линий. Для правильного решения рекомендуется предварительно ознакомиться с натурными объектами и примерами планов для таких мест. Длины пролетов выбирают по рекомендациям [9,10], на сопряжениях их уменьшают на 10 %, в кривых участках за основу принимают допустимую длину хорд. Расстановку опор начинают от характерных точек.

В результате разработки плана КС должен быть сформирован анкерный участок, схема которого показана на рис. 2.

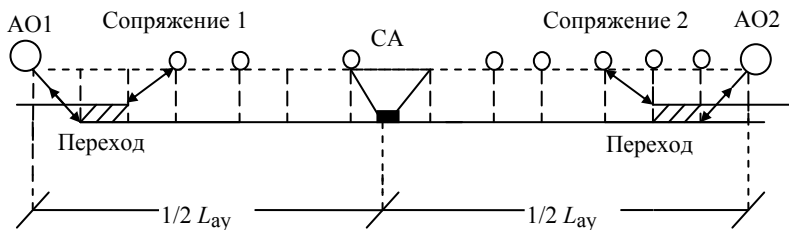


Рис. 2. Схема анкерного участка

Провод между анкерными опорами АО1 и АО2 неразрывен, анкеруется (зацепляется) через компенсаторное устройство. Расчет ведется для участка между АО1(2) и средней анкеркой (СА). В заданных вариантах ситуаций на участке может формироваться полный или половинный анкерный участок.

Механические расчеты КП выполняются в последовательности, показанной в [9, 10]. Алгоритм расчетов содержит операции: задание исходных данных; расчет интенсивностей механических нагрузок в режимах минимальной температуры, гололеда, максимального ветра; определение эквивалентного пролета и исходного режима, в котором натяжение проводов будет наибольшим;

расчеты монтажных кривых и таблиц по уравнению состояния провода для натяжений и стрел провесов. Расчеты можно выполнять на ЭВМ с использованием моделей «Монтажные зависимости» или составить программу расчетов самостоятельно, включая использование прикладных программ Excel, MathCAD.

Расчет компенсирующего устройства зависит от его вида. Для грузовых компенсаторов расчетом определяют монтажную длину троса, которая связывает ролики с блоком грузов, и высоту закрепления неподвижного блока на анкерной опоре. Необходимо выполнить монтаж компенсатора так, чтобы при максимальной температуре грузы не «сели» на землю и ролики не сошлись, а при минимальной – блок с грузами не упирался в неподвижный ролик. Пружинный компенсатор на основе дисков цилиндрического и в форме спирали Архимеда рассчитывают по специальной методике.

При выборе вида поддерживающих устройств руководствуются соображениями надежности. В частности, консольные конструкции (кронштейны) имеют предпочтение перед гибкими поперечинами. При совместном подвешивании нескольких КП применяют простые поперечины. Цепные поперечины используют там, где необходима фиксация контактных проводов. Электрические соединители между однополярными КП выполняют через 300–500 м в виде питающих поперечин.

Расчет поддерживающих устройств ведется в три этапа: установление геометрических параметров и составление расчетных схем приложения сил; расчет действующих сил в элементах; выбор параметров частей конструкций. Расчет обычно выполняется как поверочный. Методика расчетов с примерами приведены в [1, 2, 8].

В КС трамвая и троллейбуса применяют железобетонные и стальные трубчатые опоры. Подбор опор ведут по двум параметрам: высоте и действующему у основания моменту. Следует составить расчетную схему приложения сил к опоре и оценить момент сил у основания (подошвы) опоры в расчетном режиме. Расчетные схемы для опор приведены в [2, 5].

Фундаменты опор получают заливкой бетона, из сборного железобетона. Опоры могут устанавливаться в стальные или железобетонные стаканы, установленные в грунт. Широко распространено бесфундаментное с лежнями закрепление опор. Расчет фундаментов выполняется по методике УНИИС МПС, изложенной в [1, 2]. Упрощенная методика расчета приведена в [5]. Заметим, что расчеты закрепления опор в грунте ведутся как повероч-

ные. Задача обычно заключается в оценке глубины заложения фундамента в связи с характеристиками грунта.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Программа курса «Контактная сеть».....	4
1.1. Требования государственного образовательного стандарта (ГОС) и основной образовательной программы (ООП) по подготовке инженера специальности 1807 «Электрический транспорт» направления 654500 «Электротехника, электромеханика, электротехнологии».....	4
1.2. Принципы преподавания курса «Контактная сеть».....	5
1.3. Цели изучения курса «Контактная сеть».....	5
1.4. Содержание курса.....	9
1.5. Самостоятельная работа.....	13
1.6. Учебно-методические материалы по курсу «Контактная сеть».....	14
2. Организация работы студентов по изучению курса «Контактная сеть».....	15
2.1. Организация работы студентов.....	15
2.2. Система рейтинговых оценок.....	15
2.3. Контрольные вопросы (тесты).....	16
3. Методические указания по изучению курса «Контактная сеть».....	20
3.1. Методические указания по изучению теоретической части курса.....	20
3.2. Задание на курсовую работу по курсу «Контактная сеть».....	24
3.3. Варианты исходных данных к курсовой работе.....	25
3.4. Методические указания по выполнению курсовой работы.....	26