

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет мехатроники и автоматизации
Заочный факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФМА

профессор, д.т.н. Щуров Николай Иванович

“ ____ ” _____ г.

УТВЕРЖДАЮ
Декан ЗФ

профессор, д.т.н. Темлякова Зоя Савельевна

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Основы электрического транспорта: Теория электрической тяги

ООП: специальность 140606.65 Электрический транспорт

Шифр по учебному плану: СД.Ф.1.1

Факультет: заочный заочная форма обучения

Курс: 4 5, семестр: 7 8 9

Лекции: 22

Практические работы: 16 Лабораторные работы: 12

Курсовой проект: 9 Курсовая работа: 8 РГЗ: -

Самостоятельная работа: 250

Экзамен: 9 Зачет: 8

Всего: 300

Новосибирск

2011

Рабочая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению (специальности): 654500 Электротехника, электромеханика и электротехнологии.(№ 207 тех/дс от 27.03.2000)

СД.Ф.1.1, дисциплины федерального компонента

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Электротехнические комплексы протокол № 12 от 29.06.2011

Программу разработал

профессор, д.т.н.

Щуров Николай Иванович

Заведующий кафедрой

профессор, д.т.н.

Щуров Николай Иванович

Ответственный за основную образовательную программу

профессор, д.т.н.

Щуров Николай Иванович

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Шифр дисциплины	Содержание учебной дисциплины	Часы
СД.Ф.1.1	Содержание учебной дисциплины: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения, условия перемещения движителей по пути, устойчивость движения транспортных средств и их колебания, методы математического и физического моделирования электромеханических устройств, теоретические основы высокоскоростных транспортных средств.	300

2. Особенности (принципы) построения дисциплины

Таблица 2.1

Особенности (принципы) построения дисциплины

Особенность (принцип)	Содержание
Основания для введения дисциплины в учебный план по направлению или специальности	Требования Государственного образовательного стандарта высшего образования (ГОС) (регистрационный номер 207 тех/дс от 27.03.2000) по направлению подготовки дипломированного специалиста 140606 (180700) "Электрический транспорт".
Адресат курса	Настоящая программа является основным документом, определяющим содержание курса для подготовки инженеров по специальности 140606 "Электрический транспорт" в Новосибирском государственном техническом университете.
Основная цель (цели) дисциплины	Изучение курса должно обеспечить у студентов следующих общеинтеллектуальных умений: - распознавание ситуации, формулирования целей исследований; - разработки методики решения задачи; - выбора из множества методов решения задачи оптимального, в смысле некоторых заданных или выбранных критериев качества; - представление результатов работы в удобной для восприятия форме; - анализа полученных результатов и прогнозирования их изменения при изменении начальных условий задачи или некоторых её параметров; - интерпретация полученных результатов в терминах решаемой прикладной задачи; - формирование гипотез о возможных причинах расхождения гипотетического и полученного результатов; - осуществление адекватной самооценки и самоконтроля в процессе выполнения работы; - планирование и организация собственной деятельности.

Ядро дисциплины	Курс имеет модульную структуру. Каждый модуль включает несколько тем, объединенных по разделам. Модуль 1. Сущность электрической тяги. Теоретические основы движения поезда. Модуль 2. Характеристики тягового режима поезда Модуль 3. Характеристики тормозного режима поезда Модуль 4. Расчёт и построение кривых движения поезда. Расход энергии на движение. Модуль 5. Проверка нагревания тяговых двигателей в условиях работы на линии. Выбор основных параметров электрической тяги
Связи с другими учебными дисциплинами основной образовательной программы	Высшая математика Знать: Дифференциальное и интегральное исчисления; Уметь: Составлять и решать дифференциальные уравнения 1 и 2 порядка. Физика Знать: Разделы: кинематика, электричество, магнетизм, теплота; Уметь: Составлять уравнения и описывать движение транспортных средств, представлять электромагнитные и тепловые процессы, протекающие в устройствах электрического транспорта. Теоретические основы электротехники Знать: Разделы: электрические цепи постоянного и переменного тока, теория электромагнитного поля; Уметь: Составлять и решать уравнения электромагнитных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока. Физические основы электроники Знать: Основы работы полупроводниковой техники; Уметь: Проводить поиск, классификацию и выбор необходимого типа и класса прибора. Электрические и электронные аппараты Знать: Разделы: электромагнитные реле и контакторы, полупроводниковые аппараты; Уметь: Знать типы и марки современных электрических аппаратов. Уметь их классифицировать. Строить ВАХ диодов, тиристоров, транзисторов. Информатика Знать: Пакеты прикладных программ; Уметь: Пользоваться ПК, использовать прикладные программы для расчетов и графических построений. Электрические машины Знать: Конструкцию и принципы действия различных тяговых двигателей Уметь: Составлять основные уравнения, описывающие работу ТЭД (переменного и постоянного тока).

	Основы преобразования энергии в электротехнических системах Знать: Сущность и принципы преобразования энергии в прямом и обратном направлении из механической в электрическую, механической в тепловую, и другие виды преобразований; Уметь: Описывать энергетику движения поезда. Составлять уравнения энергетического баланса.
Требования к первоначальному уровню подготовки обучающихся	Базовая электротехническая подготовка для изучения курса "Основы электрического транспорта" (Ч.1 Теория электрической тяги) обеспечивается дисциплинами излагаемыми в объеме Высшей школы в курсах математики, физики, информатики, теоретических основ электротехники, электрические машины, электрических и электронных аппаратов, владением основами управления и работы на персональном компьютере.
Особенности организации учебного процесса по дисциплине	Методические указания для преподавателей по проведению занятий Оперативными средствами для решения указанных в программе вопросов являются в теоретической части основные положения классической теории движения поезда и производство тяговых расчётов, которым уделяется на городском электрическом и железнодорожном транспорте исключительное внимание, а в экспериментальной - обобщение результатов специальных тягово-энергетических испытаний вагонов на линии и опыта их эксплуатации. Особое внимание в лекционном курсе необходимо уделять изложению принципов и основ теории тяги поездов с разъяснением сущности происходящих физических процессов, таких, как образование силы тяги, сил сопротивления и тормозных, а также установлению взаимосвязи между силами, действующими на поезд, и характером движения поезда, ими вызываемого. Методы тяговых расчётов, а также относящиеся к ним нормативы регламентируются специальными "Правилами тяговых расчётов для поездной работы" (ПТР). Эти правила являются одним из важных документов, определяющих работу железнодорожного и городского электрифицированного транспорта. В лекционном курсе необходимо учитывать, что основные нормативы, применяемые при тяговых расчётах, находятся в полной взаимосвязи со степенью интенсивности использования подвижного состава, которая изменяется с течением времени и, в частности, неуклонно повышается благодаря внедрению более совершенных технических средств и передового опыта работы. Поэтому необходимо периодически дополнять и совершенствовать производство тяговых расчётов, применять электронные цифровые вычислительные машины. Для улучшения усваивания студентами материала по производству тяговых расчётов рекомендуется создавать

	цветные плакаты или слайды по построению кривых движения. Использовать современные методы и подходы к представлению и подаче информации с применением компьютерных, мультимедийных и информационно-сетевых технологий, с целью повышения качества и скорости усвоения материала курса. Курсовая работа является самостоятельной частью курса "Основы электрического транспорта", проводится параллельно с курсом и должно способствовать глубокому пониманию материала, излагаемого в курсе. В курсовой работе студенты проводят тяговые расчёты для существующего типа подвижного состава городского электрического транспорта: трамвая, троллейбуса, секции метро.
--	--

3. Цели учебной дисциплины

Таблица 3.1

После изучения дисциплины студент будет

иметь представление	
1	О роле и месте электрических видов транспорта на данном этапе научно-технического развития
2	О тенденциях развития электрических видов транспорта
3	Об основных сферах применения полученных знаний
55	Иметь представление о техникоэкономических тяговых расчётах.
знать	
4	Знать задачи стоящие перед ЭТ. Различать существующие виды ЭТ и области их применения.
5	Задачи электрической тяги (ЭТ), её основные элементы, классификация и применение. Системы тока и напряжения, применяемые в ЭТ.
6	Теоретические основы движения поезда. Силы, действующие на поезд в различные периоды движения.
7	Уравнения движения поезда. Первая и вторая формы уравнений движения.
8	Силы тяги, торможения и сцепления колес с рельсами. Законы сцепления.
9	Сущность и классификация сил сопротивления движению.
10	Знать уравнения движения поезда и практические формы этих уравнений.
11	Знать законы сцепления и их реализацию на практике.
12	Расчетные значения и статистический анализ коэффициента сцепления.
16	Характеристики тягового режима поезда. Электромеханические характеристики ТЭД.
17	Электромеханические характеристики ТЭД, приведенные к колесу. Тяговая характеристика поезда.
18	Характеристики действующих сил при тяговом режиме поезда.
19	Регулирование скорости поезда изменением питающего двигателя напряжения.
20	Регулирование скорости поезда изменением поля ТЭД.
21	Сравнение тяговых двигателей различных систем возбуждения.
22	Пуск поезда, условия и способы пуска. Пусковые диаграммы.
23	Безреостатный пуск при импульсном регулировании скорости поезда.
24	Отличительные особенности электромеханических характеристик поезда и уметь определять тяговую характеристику.
25	Способы регулирования скорости поезда. Уметь сравнивать различные способы регулирования скорости.
26	Процесс импульсного регулирования скорости ТЭД, его особенности и преимущества.
33	Характеристики тормозного режима поезда. Классификация систем торможения поезда.
34	Реостатное торможение при различных системах возбуждения ТЭД постоянного тока. Регулирование скорости ТЭД.
35	Импульсное регулирование при реостатном торможении. Следящее рекуперативно-реостатное торможение.
36	Реверсивное и электромагнитное торможение.

37	Знать отличительные особенности систем торможения транспортных средств.
38	Синтез процессов регулирования скорости в режимах электрического торможения.
42	Значение и задачи тяговых расчётов. Основы построения кривых движения, как интегрирование уравнений движения поезда.
43	Классификация методов построения кривых движения. Расчётно-графический метод построения кривых движения.
44	Графические методы интегрирования уравнений движения поезда.
45	Тормозные задачи поезда, решения тормозных задач.
46	Расход энергии на движение поезда.
47	Значение снижения расхода энергии на электрическую тягу. Контроль расхода энергии на движение поезда
48	Понимать задачи тяговых расчетов и основы интегрирования уравнений движения поезда.
56	Ограничения мощности ТЭД по нагреванию. Нормы допустимых перегревов.
57	Применение уравнения нагревания однородного тела к расчету тепловой проверки ТЭД. Определение тепловых параметров двигателя.
58	Системы электромагнитного подвеса и направления. Методы выбора параметров электромагнитного подвеса. Линейный тяговый электропривод.
59	Проверка нагревания тяговых двигателей применительно к условиям работы на линии.
60	Эквивалентные величины потерь мощности, теплоотдачи и теплоемкости ТЭД.
61	Определение нагрева ТЭД при повторяющихся циклах (рейсах). Упрощенные методы тепловой проверки ТЭД.
62	Системы тяги с бесколлекторными тяговыми двигателями. Системы с полупроводниковыми преобразователями. Характеристики ЭПС с вентильными ТЭД.
63	Принципы функционирования (высокоскоростной наземный транспорт) ВСНТ. Системы электромагнитного подвеса, методы выбора основных параметров.
64	Системы высокоскоростного наземного транспорта. Функциональные схемы ВСНТ, основные их параметры и рабочие характеристики.
уметь	
13	Характеризовать системы тока и напряжения ЭТ. Различать периоды движения поезда и обосновывать силы действующие в различные периоды.
14	Рассчитывать основное и дополнительное сопротивления движению, их характеристика.
15	Видеть и пояснять физический смысл коэффициента сцепления.
27	Проводить пересчёт характеристик ТЭД при изменении напряжения и поля ТЭД.
28	Уметь рассчитывать электромеханические характеристики ТЭД.
29	Строить характеристики действующих сил.
30	Осуществлять пересчет характеристик при изменении магнитного потока и напряжения ТЭД.
31	Выполнять сравнение ТЭД по электрической и динамической

	устойчивости и по распределению нагрузок.
32	Обосновывать различные способы пуска. Рассчитывать и строить пусковые диаграммы.
39	Проводить расчёт и построение тормозных характеристик при рекуперативном режиме ТЭД.
40	Рассчитывать и строить характеристики реостатного торможения. Анализировать электрическую и динамическую устойчивость процесса торможения.
41	Выполнять равнение различных видов электрического торможения и различать характеристики.
49	Рассчитывать и строить кривые движения поезда различными инженерными методами. Объяснять и анализировать характер получаемых расчётных зависимостей.
50	Проводить сопряжение между собой кривых движения для периодов тяги, выбега и торможения.
51	Определять расход энергии, потребляемой поездом на движение различными методами и анализировать получаемые величины поездного тока, линейной нагрузки и потребляемой мощности.
52	Проводить аналитический расчёт расхода энергии, определение среднего поездного тока, линейной нагрузки, средней потребляемой мощности.
53	Формулировать и решать тормозные задачи поезда и понимать их физический смысл.
54	Осуществлять контроль за расходом электроэнергии на движение поезда и вырабатывать мероприятия по сокращению расхода энергии
65	Владеть инженерными методами теплового расчёта ТЭД применительно к условиям работы ЭПС на линии.
66	Сопоставлять системы тяги с бесколлекторными ТЭД и постоянного тока.
67	Проводить выбор основных параметров электрической тяги. Техничко-экономические расчёты.

4. Содержание и структура учебной дисциплины

Лекционные занятия

Таблица 4.1

(Модуль), дидактическая единица, тема	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 7		
Модуль: Модуль 1. Сущность электрической тяги. Теоретические основы движения поезда.		
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения		
Тема 1.1 Введение. Роль и значение городского электротранспорта. Значение и задачи курса. Сущность электрической тяги. Системы тока и напряжения применяемые в электрической тяге.	2	1, 13, 2, 3, 4, 5
Семестр: 8		
Модуль: Модуль 1. Сущность электрической тяги. Теоретические основы движения поезда.		
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и		

торможения		
Тема 1.2 Общие сведения о движении поезда. Уравнения движения поезда, его формы.	0,5	6, 7
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: условия перемещения движителей по пути		
Тема 1.3 Реализация сил тяги и торможения поезда. Ограничения тяговой и тормозной сил. Законы сцепления.	0,5	13, 8
Тема 1.4 Полное и удельное сопротивление движению. Основное сопротивление движению. Дополнительное сопротивление движению от уклонов, в кривых и от особых условий. Методы их определения.	0,5	10, 11, 12, 14, 9
Тема 1.5 Эмпирические формулы основного удельного сопротивления движению. Структура формул. Влияние сопротивления движению на энергетику поезда.	0,5	12, 14, 15, 9
Модуль: Модуль 2. Характеристики тягового режима поезда		
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: условия перемещения движителей по пути		
Тема 2.1 Электротяговые характеристики двигателя и поезда. Расчёт характеристик.	0,5	17, 21, 27, 28, 31
Тема 2.4 Регулирование скорости поезда изменением питающего двигателя напряжения. Характеристики ТЭД при изменении напряжения.	0,5	19, 27
Тема 2.5 Регулирование скорости поезда изменением поля ТЭД. Характеристики ТЭД при изменении поля.	0,5	20, 25, 30
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств		
Тема 2.2 Тяговые характеристики поезда. Способы их построения. Ограничения тяговых характеристик.	0,5	17, 18, 24, 28
Тема 2.3 Характеристики действующих сил поезда при тяговом режиме. Расчёт характеристик.	0,5	16, 17, 18, 28, 29
Тема 2.6 Пуск поезда, условия пуска. Энергетические диаграммы различных систем пуска. Пусковые диаграммы поезда при реостатном пуске. Построение пусковых диаграмм.	0,25	22, 23, 25, 26, 32
Модуль: Модуль 3. Характеристики тормозного режима поезда		
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения		
Тема 3.1 Рекуперативное торможение. Требования, предъявляемые при рекуперации. Условия электрической и механической устойчивости.	0,25	33, 37, 38
Тема 3.5 Рекуперативно-реостатное торможение. Реверсивное торможение. Электромагнитное	0,25	35, 36, 37, 38, 41

торможение.		
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: устойчивость движения транспортных средств и их колебания		
Тема 3.3 Реостатное торможение. Условия электрической устойчивости. Принципиальные схемы реостатного торможения.	0,25	34, 40, 41
Тема 3.4 Регулирование скорости ЭПС при реостатном торможении. Расчёт и построение тормозных характеристик.	0,25	34, 37, 38, 40
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств		
Тема 3.2 Расчёт и построение характеристик при рекуперативном торможении ТЭД различных систем возбуждения. Схемы рекуперативного торможения.	0,25	35, 39
Модуль: Модуль 4. Расчёт и построение кривых движения поезда. Расход энергии на движение.		
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств		
Тема 4.1 Задачи решаемые в тяговых расчётах. Построения кривых движения.	0,5	42, 43, 48
Тема 4.2 Расчётно-графический метод построения кривых движения.	0,5	43, 49, 50
Семестр: 9		
Модуль: Модуль 4. Расчёт и построение кривых движения поезда. Расход энергии на движение.		
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: устойчивость движения транспортных средств и их колебания		
Тема 4.8 Снижение расхода энергии на электрическую тягу. Влияние на расход энергии различных факторов.	0,5	54
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств		
Тема 4.3 Графические методы интегрирования уравнений движения поезда. Упрощенные способы расчёта кривых движения поезда. Способ профессора У.С. Четта.	1	44, 49, 50
Тема 4.4 Тормозные задачи. Методы решения тормозных задач на основе построения кривых движения.	1	45, 53
Тема 4.5 Кривые потребления поездом тока и мощности. Расчёт и построение кривых потребления тока и мощности.	1	46, 51
Тема 4.6 Графический способ построения кривых расхода энергии. Полный и удельный расход энергии. Энергетика движения поезда.	1	47
Тема 4.7 Аналитический метод определения расхода	0,5	52

энергии на движение поезда.		
Модуль: Модуль 5. Проверка нагрева тяговых двигателей в условиях работы на линии. Выбор основных параметров электрической тяги		
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения		
Тема 5.4 Выбор основных параметров электрической тяги. Выбор наиболее выгодного режима ведения поезда.	0,5	55, 67
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: условия перемещения движителей по пути		
Тема 5.5 Характеристики автономного городского электрического транспорта. Принципиальные схемы. Электрические и тяговые характеристики.	1	55, 67
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств		
Тема 5.1 Ограничение мощности ТЭД по нагреванию. Уравнение нагрева однородного тела.	0,5	56, 57
Тема 5.2 Определение тепловых параметров ТЭД на основе данных о часовой и длительной мощности. Расчёт эквивалентных потерь.	1	57, 60
Тема 5.3 Построение кривых перегрева ТЭД по кривым движения и потребления тока на линии. Упрощенные методы проверки работоспособности ТЭД. Методы средних потерь и эквивалентного тока.	1	59, 60, 61, 65
Тема 5.6 Системы тяги с бесколлекторными тяговыми двигателями. Системы с полупроводниковыми преобразователями.	0,5	62, 66
Тема 5.7 Характеристики ЭПС с вентильными ТЭД, тяговые свойства и расчёт характеристик. Условия эл. устойчивости.	0,5	62, 66
Тема 5.8 Характеристики ЭПС с асинхронными тяговыми двигателями. Регулирование режимов работы и тяговые свойства асинхронных ТЭД.	1	62, 66
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теоретические основы высокоскоростных транспортных средств.		
Тема 5.9 Системы наземного транспорта с магнитным подвесом и линейными тяговыми электродвигателями. ВСНТ, функциональные схемы, основные их параметры и рабочие характеристики.	1	58, 63, 64
Тема 5.10 Системы электромагнитного подвеса и направления. Методы выбора параметров электромагнитов подвеса. Линейный тяговый электропривод.	1	58, 63, 64

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 8			
Модуль: Модуль 1. Сущность электрической тяги. Теоретические основы движения поезда.			
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения			
Основные задачи электрической тяги. Реализация сил в различные периоды движения электротранспортных средств	Решение задач на определение сил, действующих на поезд в различных режимах	1	4, 5, 6, 7, 8
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: устойчивость движения транспортных средств и их колебания			
Сущность сил сопротивления движению. Методы определения сил сопротивлению движению. Классификация. Построение диаграммы основного сопротивления движению.	Расчет и построение характеристик основного удельного сопротивления движению для различных типов электрического транспорта	1	6
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств			
Пересчет характеристик двигателя при изменении магнитного поля и напряжения с учетом относительных потерь мощности в стали и в механической передаче.	Приобретение практических навыков пересчета характеристик тяговых двигателей при изменении напряжения и основного магнитного потока возбуждения	1	16, 19, 20
Методика определения пускового тока. Построение пусковой диаграммы на основе реостатно-контакторной системы управления и импульсной системы управления. Ограничения накладываемые на пусковую диаграмму.	Расчеты и построение пусковых характеристик для подвижного состава с различными системами управления	1	22, 23, 24, 8
Построение тормозных характеристик электроподвижного	Расчет и построение тормозных	1	20, 25, 45

состава при механическими и при реостатном видах торможения.	характеристик электроподвижного состава при различных видах торможения		
Модуль: Модуль 2. Характеристики тягового режима поезда			
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения			
Построение тяговых характеристик во всем скоростном диапазоне.	Расчет и построение тяговых характеристик различных типов подвижного состава	1	20, 22, 23, 24, 25, 26
Семестр: 9			
Модуль: Модуль 4. Расчёт и построение кривых движения поезда. Расход энергии на движение.			
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств			
Расчет и построение кривых движения обработка профиля пути для производства тяговых расчет	Обработка профиля трассы. Спрямление профиля. Расчеты эквивалентных уклонов	1	42, 43
Графический способ построения кривых движения Расчетно-графический способ построения кривых движения	Построение кривых движения поезда графическим и графоаналитическим способами	6	42, 43, 44
Определение расхода энергии на движение поезда по кривым потребления тока	Изучение методики и практические расчеты по определению расхода энергии на основании кривых потребляемого поездом тока	1	46, 47
Определение расхода энергии на движение поезда аналитическим способом	Расчеты расхода энергии на движение поезда по аналитическим зависимостям	1	46, 47
Модуль: Модуль 5. Проверка нагревания тяговых двигателей в условиях работы на линии. Выбор основных параметров электрической тяги			

Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств			
Проверка мощности тягового двигателя методом среднеквадратичного тока	Расчеты нагревания тяговых двигателей методом среднеквадратичного тока	1	60, 61

Лабораторная работа

Таблица 4.3

(Модуль), дидактическая единица, тема	Учебная деятельность	Часы	Ссылки на цели
Семестр: 8			
Модуль: Модуль 1. Сущность электрической тяги. Теоретические основы движения поезда.			
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения			
Экспериментальное определение коэффициента инерции вращающихся частей подвижного состава	Проведение опытных пусков тягового привода трамвайного вагона. Обработка опытных данных	2	2, 6
Модуль: Модуль 2. Характеристики тягового режима поезда			
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения			
Исследование процесса пуска электроподвижного состава	Осуществление пусков тягового привода на основе тележки трамвайного вагона с различными системами управления. Обработка опытных данных	2	16, 17, 18, 19, 22, 27, 3, 32, 8
Модуль: Модуль 4. Расчёт и построение кривых движения поезда. Расход энергии на движение.			
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения			
Определение расхода энергии на движение поезда	Проведение опытов на физической модели трамвая с целью определения расхода энергии на движение	2	33, 34, 46, 51, 6, 8

	поезда. Обработка опытных данных		
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств			
Экспериментальное определение основного удельного сопротивления движению	Проведение экспериментальных запусков тележки трамвайного вагона. Обработка опытных данных	2	14, 3, 6, 9
Семестр: 9			
Модуль: Модуль 2. Характеристики тягового режима поезда			
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств			
Исследование частотно-импульсного регулирования напряжения постоянного тока	Пуски лабораторного стенда на основе тележки трамвайного вагона. Обработка экспериментальных данных. Проведение теоретических расчетов и их сравнение с экспериментальными	1	1, 23, 25, 26, 32, 35, 51
Исследование широтно-импульсного регулирования напряжения постоянного ток	Пуски лабораторного стенда на основе тележки трамвайного вагона. Обработка экспериментальных данных и сравнение их с расчетными значениями.	1	1, 23, 25, 26, 32, 35
Исследование характеристик привода с накопителем энергии	Пуски тягового привода с накопителем энергии на основе конденсаторов двойного электрического слоя. Обработка экспериментальных данных	1	16, 2, 23, 32, 36, 39, 4, 46, 47, 51, 54, 55, 62, 67
Модуль: Модуль 3. Характеристики тормозного режима поезда			
Дидактическая единица: Основы			

электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения			
Реостатное торможение	Пуски экспериментального стенда. Обработка данных	1	11, 3, 34, 39, 40, 41

5. Самостоятельная работа студентов

Семестр- 7, Индив. работа

Самостоятельная работа студентов по курсу "Основы электрического транспорта" (Ч.1 Теория электрической тяги) включает подготовку к лекциям и лабораторным занятиям и на выполнение курсовой работы, курсового проекта. В соответствии с графиками учебного процесса студентов электромеханического факультета (ЭМФ), специальности 140600 для подготовки к лекции по курсу "Основы электрического транспорта" (Ч.1 Теория электрической тяги) планируется 0,5 часа, а при подготовке к лабораторным занятиям - 2 часа.

7 семестр

Подготовка к лекциям $0,5 \times 36 = 18$ час.

Подготовка к практическим занятиям $0,5 \times 18 = 9$ час.

Подготовка к лабораторным работам $2 \times 4 = 8$ час.

Выполнение курсовой работы - 18 час.

Подготовка к экзамену - 20 час.

Всего самостоятельной работы - 73 часа.

Семестр- 7, Подготовка к занятиям

Подготовка к занятиям включает в себя следующие виды работ:

- Изучение теоретического материала согласно рабочей программе;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к лекциям.

Изучение теоретического материала.

При самостоятельном изучении необходимо изучить литературные источники по следующим модулям (перечисление модулей дисциплины):

Модуль 1 - 8 часов;

Модуль 2 - 8 часов;

Модуль 3 - 8 часов;

Модуль 4 - 6 часов;

Подготовка к практическим занятиям.

На подготовку и выполнение части практических расчетов отводится 6 часов самостоятельной работы.

Подготовка к лабораторным работам.

Для подготовки к выполнению лабораторной работы студенту необходимо подготовить отчет, изучить теоретический материал по теме работы, а также ответить на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях.

Объем самостоятельной работы - 10 часов.

Подготовка к лекционным занятиям заключается в повторении материалов предыдущих лекций. Самостоятельная работа на подготовку к лекциям - 8 часов.

Всего самостоятельной работы - 120 часов, из них:

- на подготовку к зачету - 30 часов;
- на выполнение курсовой работы - 36 часов;
- на подготовку к занятиям - 54 часа.

Семестр- 8, Подготовка к зачету

Для успешной сдачи зачета студенту необходимо изучить конспект лекций и литературные источники из основного списка, приведенного в рабочей программе.

Самостоятельной работы на подготовку к зачету - 30 часов.

Семестр- 8, Курсовая работа

Курсовой проект выполняется согласно методическим указаниям. Объем самостоятельной работы на выполнение - 36 часов.

Семестр- 8, Индив. работа

Семестр- 8, Подготовка к занятиям

Подготовка к занятиям включает в себя следующие виды работ:

- Изучение теоретического материала согласно рабочей программе;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к лекциям.

Изучение теоретического материала.

При самостоятельном изучении необходимо изучить литературные источники по следующим модулям (перечисление модулей дисциплины):

Модуль 4 - 10 часов;

Модуль 5 - 20 часов.

Подготовка к практическим занятиям.

На подготовку и выполнение части практических расчетов отводится 6 часов самостоятельной работы.

Подготовка к лабораторным работам.

Для подготовки к выполнению лабораторной работы студенту необходимо подготовить отчет, изучить теоретический материал по теме работы, а также ответить на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях.

Объем самостоятельной работы - 5 часов.

Подготовка к лекционным занятиям заключается в повторении материалов предыдущих лекций. Самостоятельная работа на подготовку к лекциям - 8 часов.

Всего самостоятельной работы - 130 часов, из них:

- на подготовку к экзамену - 35 часов;
- на выполнение курсового проекта - 46 часов;
- на подготовку к занятиям - 49 часов.

Семестр- 9, Курсовой проект

Курсовой проект выполняется согласно методическим указаниям. Объем самостоятельной работы на выполнение - 46 часов.

Семестр- 9, Подготовка к экзамену

Для успешной сдачи экзамена студенту необходимо изучить конспект лекций и литературные источники из основного списка, приведенного в рабочей программе.

Самостоятельной работы на подготовку к экзамену - 35 часов.

Семестр- 9, Подготовка к занятиям

Подготовка к занятиям включает в себя следующие виды работ:

- Изучение теоретического материала согласно рабочей программе;
- Подготовка к практическим занятиям;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к лекциям.

Изучение теоретического материала.

При самостоятельном изучении необходимо изучить литературные источники по следующим модулям (перечисление модулей дисциплины):

Модуль 1 - 6 часов;

Модуль 2 - 6 часов;

Модуль 3 - 6 часов;

Модуль 4 - 6 часов;

Модуль 5 - 6 часов.

Подготовка к практическим занятиям.

На подготовку и выполнение части практических расчетов отводится 6 часов самостоятельной работы.

Подготовка к лабораторным работам.

Для подготовки к выполнению лабораторной работы студенту необходимо подготовить отчет, изучить теоретический материал по теме работы, а также ответить на контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях.

Объем самостоятельной работы - 5 часов.

Подготовка к лекционным занятиям заключается в повторении материалов предыдущих лекций. Самостоятельная работа на подготовку к лекциям - 8 часов.

Всего самостоятельной работы - 130 часов, из них:

- на выполнение курсового проекта - 46 часов;
- на подготовку к экзамену - 35 часов;
- на подготовку к занятиям - 49 часов.

6. Правила аттестации студентов по учебной дисциплине

К зачету (8 семестр), экзамену (9 семестр) допускается студент, выполнивший все виды работ, предусмотренных учебным планом. Итоговая оценка выставляется исходя из следующих рекомендаций:

"Отлично" - работа высокого качества, уровень выполнения отвечает всем требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены.

"Хорошо" - уровень выполнения работы отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, некоторые из выполненных заданий содержат незначительные ошибки.

"Удовлетворительно" - уровень выполнения работы отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

"Неудовлетворительно" - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой заданий не выполнено; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.

В случае проведения зачета оценки "отлично", "хорошо", "удовлетворительно" соответствуют отметке "зачтено".

7. Список литературы

7.1 Основная литература

В печатном виде

1. Основы электрического транспорта : учебник для вузов по специальности "Электрический транспорт" направления подготовки "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / [М. А. Слепцов и др.] ; под общ. ред. М. А. Слепцова. - М., 2006. - 462, [1] с. : схемы - Рекомендовано МО.
2. Щуров Н. И. Теория электрической тяги : Учебное пособие / Н. И. Щуров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 98 с. : ил.

7.2 Дополнительная литература

В печатном виде

1. Розенфельд В. Е. Теория электрической тяги : учебник для вузов железнодорожного транспорта / Розенфельд В. Е., Исаев И. П., Сидоров Н. Н. - М., 1983. - 328 с. : ил.
2. Деев В. В. Тяга поездов : учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / В. В. Деев, Г. А. Ильин, Г. С. Афонин ; под ред. В. В. Деева. - М., 1987. - 263 [1] с. : ил., табл.
3. Бабичков А. М. Тяга поездов и тяговые расчеты : учебник для вузов ж. -д. трансп. / Бабичков А. М., Гурский П. А., Новиков А. П. - М., 1971. - 280 с.
4. Байрыева Л. С. Электрическая тяга : городской наземный транспорт : учебник для учащихся техникумов по специальности "Эксплуатация, ремонт и энергоснабжение городского электрического транспорта" / Л. С. Байрыева, В. В. Шевченко. - М., 1986. - 205, [1] с. : ил.

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

В печатном виде

1. Основы электрического транспорта (теория электрической тяги) : методические указания к выполнению лабораторных работ для бакалавров по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" 4 курса электромеханического факультета всех форм обучения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. Н. И. Щуров, Ю. А. Прокушев, А. А. Штанг]. - Новосибирск, 2008. - 90, [1] с. : ил.

9. Контролирующие материалы для аттестации студентов по дисциплине

Вопросы экзаменационных билетов 7-го и 8-го семестров

1. Сущность и классификация электрической тяги.
2. Основные элементы городской электрической дороги.
3. Техничко-экономическое сравнение электрической тяги с другими видами тяги.
4. Силы действующие на поезд в различные периоды движения. Вывод уравнений движения поезда.
5. Практические формы уравнений движения поезда. Коэффициент инерции вращающихся частей поезда.
6. Реализация сил тяги и торможения поезда. Законы сцепления.
7. Физические процессы реализации сил сцепления поезда. Влияние электрической части поезда на реализацию силы сцепления.
8. Классификация сил сопротивления движению поезда. Основное сопротивление движению поезда.
9. Классификация сил сопротивления движению поезда. Дополнительное сопротивление движению поезда.
10. Электромеханические характеристики на валу ТЭД $n(I)$; $M(I)$; $d(I)$; $P_2(I)$.
11. Электромеханические характеристики ТЭД, приведенные к ободу движущего колеса $V(I)$; $F(I)$; $\gamma(I)$; $P(I)$.
12. Регулирование скорости поезда, изменением питающего двигателя напряжения.
13. Импульсный метод регулирования скорости тягового двигателя. Диаграммы токов и напряжений на элементах схемы.
14. Пересчет характеристик поезда при изменении напряжения на ТЭД.
15. Регулирование скорости поезда изменением магнитного потока ТЭД.
16. Влияние колебаний напряжения сети на нагрузку двигателей.
17. Импульсный метод регулирования скорости тягового двигателя. Диаграммы токов и напряжений на элементах схемы.
18. Пересчет характеристик поезда при изменении магнитного потока ТЭД.
19. Характеристики тяговых двигателей последовательного и согласно-смешанного возбуждений.
20. Характеристики тяговых двигателей параллельного и смешанного возбуждений.
21. Условия пуска поезда. Плавный реостатный пуск. Диаграммы плавного реостатного пуска.
22. Построение характеристик действующих сил поезда в режимах тяги и выбега $F_g(V)$.
23. Условия пуска поезда. Ступенчатый реостатный пуск. Диаграммы ступенчатого реостатного пуска.
24. Энергетические диаграммы реостатного пуска поезда $U(t)$; $P(t)$; $A(t)$.
25. Системы тока и напряжений, действующие в электрической тяге. Система переменного однофазного тока промышленной частоты.
26. Системы тока и напряжений, действующие в электрической тяге. Система переменного однофазного тока пониженной частоты и система переменного многофазного тока.
27. Сущность и классификация систем торможения поезда. Рекуперативное торможение, принцип действия и основные уравнения.
28. Требования, предъявляемые к характеристикам ТЭД. Распределение нагрузок между параллельно включенными ТЭД.
29. Сравнение ТЭД различных систем возбуждения. Требования, предъявляемые к характеристикам ТЭД. Динамическая устойчивость ТЭД.
30. Сравнение ТЭД различных систем возбуждения. Требования, предъявляемые к характеристикам ТЭД. Электрическая устойчивость ТЭД.
31. Сравнение рекуперативных характеристик ТЭД.

32. Регулирование скорости ТЭД смешанного возбуждения, пересчет характеристик при изменении магнитного поля.
33. Характеристики тягового двигателя согласно-смешанного возбуждения. Процентные и универсальные характеристики ТЭД.
34. Построение тяговой характеристики поезда, уравнение тяговой характеристики, ограничения накладываемые на характеристику $F(V)$.
35. Системы тока и напряжений, действующие в электрической тяге. Система переменного однофазного тока промышленной частоты.
36. Системы тока и напряжений, действующие в электрической тяге. Система переменного однофазного тока пониженной частоты и система переменного многофазного тока.
37. Требования, предъявляемые к характеристикам ТЭД. Распределение нагрузок между параллельно включенными ТЭД.
38. Сравнение рекуперативных характеристик ТЭД.
39. Тормозные задачи, общий вид решения. Решение первой тормозной задачи.
40. Ограничение мощности ТЭД по нагреванию, нормы допустимого нагревания ТЭД.
41. Тормозные задачи, общий вид решения. Решение второй тормозной задачи.
42. Задачи и условия нагревания ТЭД. Уравнения нагревания однородного тела.
43. Определение расхода энергии на движение поезда аналитическим методом.
44. Построение кривых перегрева с помощью сеток температурных кривых.
45. Расчет перегрева по средним потерям мощности и средней теплоотдаче.
46. Применение законов нагревания однородного тела к ТЭД. Вывод уравнения нагревания однородного тела.
47. Выбор наивыгоднейшего режима движения поезда.
48. Построение кривых перегрева по уравнениям нагревания.
49. Системы тяги с бесколлекторным ТЭД.
50. Характеристики ЭПС с асинхронными тяговыми электродвигателями.
51. Проверка нагревания ТЭД методом среднеквадратичного тока.
52. Расчет наивыгоднейшей скорости в момент начала торможения.
53. Определение работы, совершенной ТЭД, по кривым $F(I)$.
54. Применение законов нагревания однородного тела к ТЭД. Расчетные величины потерь мощности, теплоотдачи и теплоемкости.
55. Автономная электрическая тяга, аккумуляторная электрическая тяга, характеристики электроаккумуляторов.
56. Схемы и характеристики электроаккумуляторного транспорта.
57. Расчет характеристик частотно-импульсного преобразователя.
58. Частотно-импульсный преобразователь ЭПС постоянного тока.
59. Методы снижения расхода энергии на движение поезда. Влияние пускового ускорения и тормозного замедления.
60. Расчет характеристик широтно-импульсного преобразователя.
61. Широтно-импульсный преобразователь ЭПС постоянного тока.
62. Расчет перегрева ТЭД по средним потерям мощности и средней теплоотдаче.
63. Энергетика движения поезда.
64. Влияние пускового ускорения и тормозного замедления на расход электроэнергии поезда.
65. Системы ВСНТ, проблемы создания ВСНТ. ВСНТ с электромагнитным подвешиванием (ЭМП).
66. Системы ВСНТ, проблемы создания ВСНТ, электродинамическое подвешивание экипажа.
67. Расчет перегрева по средним потерям мощности и средней теплоотдаче. Метод среднеквадратичного тока проверки нагревания ТЭД.
68. Тормозные задачи, основные вопросы тормозных задач, общий вид решения.
69. Графический способ построения кривой расхода энергии $A(L)$.