

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электротехнических комплексов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н. Вильбергер М. Е.
“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Теория электрической тяги

Образовательная программа: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль:
Электротехника, электромеханика и электротехнологии

Курс: 4, семестры : 7 8

Факультет мехатроники и автоматизации,

		Семестр	
№	Вид деятельности	7	8
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	4	4
2	Всего часов	144	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	81	61
4	Лекции, час.	36	30
5	Практические занятия, час.	18	10
6	Лабораторные занятия, час.	18	10
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	10	8
8	Аттестация, час.	2	2
9	Консультации, час.	7	9
10	Самостоятельная работа, час.	63	83
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ	КП
12	Вид аттестации	ДЗ	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ФГОС введен в действие приказом №955 от 03.09.2015 г. , дата утверждения: 25.09.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ЭТК, протокол заседания кафедры №6 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета мехатроники и автоматизации, протокол № 6 от 21.06.2017

Программу разработал:

профессор, д.т.н. Щуров Н. И.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Щуров Н. И.

Ответственный за образовательную программу:

заведующий кафедрой Аносов В. Н.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.3 способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей; в части следующих результатов обучения:
31. знает методы расчета и анализа электрических цепей в установившихся и переходных режимах
Компетенция ФГОС: ПК.5 готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:
32. знать параметры и характеристики электрооборудования электротехнических установок и способы их определения
34. знать методику расчета и выбора силового электрооборудования
Компетенция ФГОС: ПК.6 способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:
у1. уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электроэнергетических и электротехнических установках

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Теория электрической тяги</i>	
ОПК.3.31 знает методы расчета и анализа электрических цепей в установившихся и переходных режимах	
1. знать уравнения и методы расчета естественных и искусственных скоростных и механических характеристик электропривода постоянного и переменного тока	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.5.32 знать параметры и характеристики электрооборудования электротехнических установок и способы их определения	
2. знать электрооборудование систем электроснабжения электротехнологических установок	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.5.34 знать методику расчета и выбора силового электрооборудования	
3. знать способы пуска, регулирования скорости, электрического торможения и реверса электропривода постоянного и переменного тока	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.6.у1 уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электроэнергетических и электротехнических установках	
4. уметь рассчитывать электрические нагрузки, напряжения, расходы электроэнергии в системах тягового электроснабжения и электроподвижного состава	Лекции; Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 7			
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения			
1. Тема 1.1 Введение. Роль и значение городского электротранспорта. Значение и задачи курса. Сущность электрической тяги. Системы тока и напряжения применяемые в электрической тяге.	0	2	3
2. Тема 1.2 Общие сведения о движении поезда. Уравнения движения поезда, его формы.	0	2	1

3. Тема 1.3 Реализация сил тяги и торможения поезда. Ограничения тяговой и тормозной сил. Законы сцепления.	0	4	3
4. 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	2	3
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: условия перемещения движителей по пути			
5. Тема 1.5 Эмпирические формулы основного удельного сопротивления движению. Структура формул. Влияние сопротивления движению на энергетику поезда.	0	2	1
6. Тема 2.1 Электротяговые характеристики двигателя и поезда. Расчёт характеристик.	0	2	1
7. Тема 2.2 Тяговые характеристики поезда. Способы их построения. Ограничения тяговых характеристик.	0	2	3
8. Тема 2.3 Характеристики действующих сил поезда при тяговом режиме. Расчёт характеристик.	0	2	3
9. Тема 2.4 Регулирование скорости поезда изменением питающего двигателя напряжения. Характеристики ТЭД при изменении напряжения.	0	2	1
10. Тема 2.5 Регулирование скорости поезда изменением поля ТЭД. Характеристики ТЭД при изменении поля.	0	2	1
11. Тема 2.6 Пуск поезда, условия пуска. Энергетические диаграммы различных систем пуска. Пусковые диаграммы поезда при реостатном пуске. Построение пусковых диаграмм.	0	2	3
12. Тема 3.1 Рекуперативное торможение. Требования, предъявляемые при рекуперации. Условия электрической и механической устойчивости.	0	2	1, 3
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: устойчивость движения транспортных средств и их колебания			
13. Тема 3.2 Расчёт и построение характеристик при рекуперативном торможении ТЭД различных систем возбуждения. Схемы рекуперативного торможения.	0	2	3
14. Тема 3.3 Реостатное торможение. Условия электрической устойчивости. Принципиальные схемы реостатного торможения.	0	2	3
15. Тема 3.4 Регулирование скорости ЭПС при реостатном торможении. Расчёт и построение тормозных характеристик.	0	2	3
17. Тема 4.1 Задачи решаемые в тяговых расчётах. Построения кривых движения.	0	2	1
18. Тема 4.2 Расчётно-графический метод построения кривых движения.	0	2	1
Семестр: 8			
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств			
19. Тема 4.3 Графические методы интегрирования уравнений движения поезда. Упрощенные способы расчёта кривых движения поезда. Способ профессора У.С. Чегга.	0	2	1
20. Тема 4.4 Тормозные задачи. Методы решения тормозных задач на основе построения кривых движения.	0	1	1

21. Тема 4.5 Кривые потребления поездом тока и мощности. Расчёт и построение кривых потребления тока и мощности.	0	2	1
22. Тема 4.6 Графический способ построения кривых расхода энергии. Полный и удельный расход энергии. Энергетика движения поезда.	0	2	1, 4
23. Тема 4.7 Аналитический метод определения расхода энергии на движение поезда.	0	1	1
24. Тема 4.8 Снижение расхода энергии на электрическую тягу. Влияние на расход энергии различных факторов.	0	2	2
25. Тема 5.1 Ограничение мощности ТЭД по нагреванию. Уравнение нагревания однородного тела.	0	1	1
26. Тема 5.2 Определение тепловых параметров ТЭД на основе данных о часовой и длительной мощности. Расчёт эквивалентных потерь.	0	2	1
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теоретические основы высокоскоростных транспортных средств.			
27. 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.	0	2	2
28. Тема 5.4 Выбор основных параметров электрической тяги. Выбор наивыгоднейшего режима ведения поезда.	0	2	3
29. Тема 5.5 Характеристики автономного городского электрического транспорта. Принципиальные схемы. Электрические и тяговые характеристики.	0	2	2
30. Тема 5.6 Системы тяги с бесколлекторными тяговыми двигателями. Системы с полупроводниковыми преобразователями.	0	2	2
31. Тема 5.7 Характеристики ЭПС с вентильными ТЭД, тяговые свойства и расчёт характеристик. Условия эл. устойчивости.	0	1	1
32. Тема 5.8 Характеристики ЭПС с асинхронными тяговыми двигателями. Регулирование режимов работы и тяговые свойства асинхронных ТЭД.	0	2	1
33. Тема 5.9 Системы наземного транспорта с магнитным подвесом и линейными тяговыми электродвигателями. ВСНТ, функциональные схемы, основные их параметры и рабочие характеристики.	0	2	2, 3
34. Тема 5.10 Системы электромагнитного подвеса и направления. Методы выбора параметров электромагнитов подвеса.	0	2	2
35. Тема 5.11 Линейный тяговый электропривод.	0	2	2

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения				
1. Экспериментальное определение коэффициента инерции вращающихся частей подвижного состава	0	4	4	Проведение опытных пусков тягового привода трамвайного вагона. Обработка опытных данных

2. Исследование процесса пуска электроподвижного состава	0	4	3	Осуществление пусков тягового привода на основе тележки трамвайного вагона с различными системами управления. Обработка опытных данных
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: условия перемещения движителей по пути				
3. Экспериментальное определение основного удельного сопротивления движению	0	5	4	Проведение экспериментальных запусков тележки трамвайного вагона. Обработка опытных данных
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: устойчивость движения транспортных средств и их колебания				
4. Определение расхода энергии на движение поезда	0	5	4	Проведение опытов на физической модели трамвая с целью определения расхода энергии на движение поезда. Обработка опытных данных
Семестр: 8				
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств				
5. Реостатное торможение	0	2	3	Пуски экспериментального стенда. Обработка данных
6. Исследование частотно-импульсного регулирования напряжения постоянного тока	0	2	4	Пуски лабораторного стенда на основе тележки трамвайного вагона. Обработка экспериментальных данных. Проведение теоретических расчетов и их сравнение с экспериментальными
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теоретические основы высокоскоростных транспортных средств.				
7. Исследование широтно-импульсного регулирования напряжения постоянного тока	0	4	4	Пуски лабораторного стенда на основе тележки трамвайного вагона. Обработка экспериментальных данных и сравнение их с расчетными значениями.
8. Исследование характеристик привода с накопителем энергии	0	2	4	Пуски тягового привода с накопителем энергии на основе конденсаторов двойного электрического слоя. Обработка экспериментальных данных

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 7				
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теория электрической тяги и торможения				

1. Основные задачи электрической тяги. Реализация сил в различные периоды движения электротранспортных средств	2	2	4	Решение задач на определение сил, действующих на поезд в различных режимах
2. Сущность сил сопротивления движению. Методы определения сил сопротивления движению. Классификация. Построение диаграммы основного сопротивления движению.	2	2	1	Расчет и построение характеристик основного удельного сопротивления движению для различных типов электрического транспорта
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: условия перемещения движителей по пути				
3. Пересчет характеристик двигателя при изменении магнитного поля и напряжения с учетом относительных потерь мощности в стали и в механической передачи.	2	6	4	Приобретение практических навыков пересчета характеристик тяговых двигателей при изменении напряжения и основного магнитного потока возбуждения
4. Методика определения пускового тока. Построение пусковой диаграммы на основе реостатно-контакторной системы управления и импульсной системы управления. Ограничения накладываемые на пусковую диаграмму.	0	4	4	Расчеты и построение пусковых характеристик для подвижного состава с различными системами управления
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: устойчивость движения транспортных средств и их колебания				
5. Построение тяговых характеристик во всем скоростном диапазоне.	2	2	1	Расчет и построение тяговых характеристик различных типов подвижного состава
6. Построение тормозных характеристик электроподвижного состава при механическими и при реостатном видах торможения.	2	2	3	Расчет и построение тормозных характеристик электроподвижного состава при различных видах торможения
Семестр: 8				
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: методы математического и физического моделирования электромеханических устройств				
7. Расчет и построение кривых движения обработка профиля пути для производства тяговых расчет	2	2	1	Обработка профиля трассы. Спрямление профиля. Расчеты эквивалентных уклонов
8. Графический способ построения кривых движения Расчетно-графический способ построения кривых движения	2	4	4	Построение кривых движения поезда графическим и графоаналитическим способами
9. Определение расхода энергии на движение поезда по кривым потребления тока	2	2	4	Изучение методики и практические расчеты по определению расхода энергии на основании кривых потребляемого поездом тока
Дидактическая единица: Основы электрического транспорта: теоретические основы высокоскоростных транспортных средств.				

10. Определение расхода энергии на движение поезда аналитическим способом	1	1	4	Расчеты расхода энергии на движение поезда по аналитическим зависимостям
11. Проверка мощности тягового двигателя методом среднеквадратичного тока	1	1	4	Расчеты нагревания тяговых двигателей методом среднеквадратичного тока

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 7				
1	РГЗ	1, 3, 4	31	5
Расчет электромеханических характеристик тягового электропривода: Щуров Н. И. Теория электрической тяги [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Щуров, А. А. Петрова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179598 . - Загл. с экрана.				
2	Подготовка к аттестации	1, 2, 3	32	2
Изучение лекционных материалов: Щуров Н. И. Теория электрической тяги [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Щуров, А. А. Петрова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179598 . - Загл. с экрана.				
Семестр: 8				
1	Курсовой проект	1, 3, 4	48	5
Выполнение курсового проектирования: Щуров Н. И. Теория электрической тяги [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Щуров, А. А. Петрова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179598 . - Загл. с экрана.				
2	Подготовка к занятиям	3, 4	15	2
Подготовка к лабораторным работам: 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. Штанг А. А. Моделирование тягового привода в Simulink [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. А. Штанг, А. В. Мятёж, М. В. Ярославцев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221609 . - Загл. с экрана.				
3	Подготовка к аттестации	3	20	2
Изучение лекционных материалов: Щуров Н. И. Теория электрической тяги [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Щуров, А. А. Петрова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179598 . - Загл. с экрана.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail:schurov@emf.nstu.ru
Консультирование	e-mail:schurov@emf.nstu.ru

Контроль	e-mail:schurov@emf.nstu.ru
Размещение учебных материалов	e-mail:schurov@emf.nstu.ru; ЭБС:http://dispace.edu.nstu.ru/didesk/course/show/3005

Таблица 5.2

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№	Наименование активных форм	Коды формируемых компетенций
1	Проблемный метод	ПК.6;
Формируемые умения: у1. уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электроэнергетических и электротехнических установках		
Краткое описание применения: Для активизации работы на практических занятиях создаются группы по 2-3 человека, решающие задачи из практической области.		

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 7		
<i>Лабораторная:</i>	10	20
<i>Практические занятия:</i>	15	30
<i>РГЗ:</i>	15	30
Контролирующие материалы - Задание на РГЗ		
<i>Зачет:</i>	0	20
Контролирующие материалы - список вопросов		
Семестр: 8		
<i>Лабораторная:</i>	10	20
<i>Курсовой проект:</i>	0	40
Контролирующие материалы - Задания на КП		
<i>Экзамен:</i>	20	40
Контролирующие материалы - список вопросов		

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля			
		Защита РГЗ	Защита КП/КР	Зачет	Экзамен
ОПК.3	31. знает методы расчета и анализа электрических цепей в установившихся и переходных режимах			+	
ПК.5	32. знать параметры и характеристики электрооборудования электротехнических установок и способы их определения				+

	з4. знать методику расчета и выбора силового электрооборудования				+
ПК.6	у1. уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электроэнергетических и электротехнических установках	+	+	+	

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

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
2. Бахолдин В.И. Основы локомотивной тяги [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бахолдин В.И., Афонин Г.С., Курилкин Д.Н.— Электрон. текстовые данные.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2014.— 308 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45288.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Сопов В. И. Системы электроснабжения электрического транспорта на постоянном токе : [учебник для вузов по направлению подготовки 140400 - "Энергетика и электротехника" модуль "Электротехника"] / В. И. Сопов, Н. И. Щуров. - Новосибирск, 2013. - 727 с. : ил., табл., - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000176648

Дополнительная литература

1. Щуров Н. И. Теория электрической тяги : Учебное пособие / Н. И. Щуров; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2004. - 98 с. : ил., - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000031434
2. Основы электрической тяги. [В 2 ч.]. Ч. 1 : [учебник для энергетических и политехнических вузов] / В. Е. Розенфельд [и др.]. - М. ;, 1957. - 311 с. : ил., табл.
3. 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.
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.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

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.

2. Штанг А. А. Моделирование тягового привода в Simulink [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / А. А. Штанг, А. В. Мятёж, М. В. Ярославцев ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2015]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000221609. - Загл. с экрана.
3. Щуров Н. И. Теория электрической тяги [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / Н. И. Щуров, А. А. Петрова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2013]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000179598. - Загл. с экрана.

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 MATLAB SimPowerSystem

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Используется при проведении лекционных занятий

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	Компьютерный класс (Компьютеры объединены в локальную сеть с выходом в Internet)	Используется для проведения лабораторных работ на математической модели тягового электропривода

Лабораторный стенд

№	Наименование	Назначение
1	СТЕНД маховая установка	Используется для проведения лабораторных работ
2	СТЕНД малая маховая установка	Используется для проведения лабораторных работ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра электротехнических комплексов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФМА
к.т.н., доцент М.Е. Вильбергер
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Теория электрической тяги

Образовательная программа: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, профиль:
Электротехника, электромеханика и электротехнологии

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Теория электрической тяги приведена в Таблице 1.

Таблица 1

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.3 способность использовать методы анализа и моделирования электрических цепей	з1. знает методы расчета и анализа электрических цепей в установившихся и переходных режимах	Тема 2.1 Электротяговые характеристики двигателя и поезда. Расчёт характеристик. Тема 2.4 Регулирование скорости поезда изменением питающего двигателя напряжения. Характеристики ТЭД при изменении напряжения. Тема 2.5 Регулирование скорости поезда изменением поля ТЭД. Характеристики ТЭД при изменении поля. Тема 4.4 Тормозные задачи. Методы решения тормозных задач на основе построения кривых движения.		Зачет, вопросы 28–34; Экзамен, вопросы 1, 3.
ПК.5/ПТ готовность определять параметры оборудования объектов профессиональной деятельности	з2. знать параметры и характеристики электрооборудования электротехнических установок и способы их определения	Тема 4.8 Снижение расхода энергии на электрическую тягу. Влияние на расход энергии различных факторов. 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. Тема 5.9 Системы наземного транспорта с магнитным подвесом и линейными тяговыми электродвигателями. ВСНТ, функциональные схемы, основные их параметры и рабочие характеристики.		Экзамен, вопросы 2,4,7,13,16,24,27,28.
ПК.5/ПТ	з4. знать методику расчета и выбора силового электрооборудования	Тема 3.4 Регулирование скорости ЭПС при реостатном торможении. Расчёт и построение тормозных характеристик. Тема 5.4 Выбор основных параметров электрической тяги. Выбор наиболее выгодного режима ведения поезда.		Экзамен, вопросы 1,3,9,14,30.
ПК.6/ПТ способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	у1. уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электроэнергетических и электротехнических установках	Пересчет характеристик двигателя при изменении магнитного поля и напряжения с учетом относительных потерь мощности в стали и в механической передаче.	РГЗ, раздел «пересчет электромеханических характеристик»	Зачет, вопросы 10 – 15.

ПК.6/ПТ способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	у1. уметь выполнять основные технические расчеты процессов в электроэнергетичес ких и электротехнических установках	Графический способ построения кривых движения Расчетно-графический способ построения кривых движения Определение расхода энергии на движение поезда аналитическим методом Определение расхода энергии на движение поезда по кривым потребления тока	Курсовой проект	Экзамен, вопросы 5 – 7.
---	--	--	-----------------	----------------------------

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре – в форме дифференцированного зачета, в 8 семестре – в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3, ПК.5/ПТ, ПК.6/ПТ.

Экзамен и зачет проводятся в письменной форме, по билетам. **Билеты** составляются из вопросов, приведенных в паспорте зачета и экзамена, позволяющих оценить показатели сформированности соответствующих компетенций.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (РГЗ). Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

В 8 семестре обязательным этапом текущей аттестации является курсовой проект. Требования к выполнению курсового проекта, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсового проекта.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.3, ПК.5/ПТ, ПК.6/ПТ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ 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, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ 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, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ 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, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра электротехнических комплексов

Паспорт зачета

по дисциплине «Теория электрической тяги», 7 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1 – 19, второй вопрос из диапазона вопросов 20 – 38 (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы, направленные на более полное раскрытие ответа.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Теория электрической тяги»

1. Вопрос 1
2. Вопрос 2.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись) (дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений. Оценка составляет *менее 10 баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, показать качественный вид электромеханических характеристик тягового электропривода. Оценка составляет *10 – 13 баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, расчетные формулы, приводит графики основных зависимостей. Оценка составляет *14 – 17 баллов*.

- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы в дополнение к предыдущим требованиям проводит анализ причин, влияющих на изменение описываемых характеристик, дает примеры практического применения теоретических сведений при конструировании электроподвижного состава. Оценка составляет 18 – 20 баллов.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине баллы за зачет учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Теория электрической тяги»

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 $V(I)$; $F(I)$; $P(I)$.
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 согласо-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.

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Теория электрической тяги», 7 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты обязаны выполнить расчет и построить графики тяговых характеристик заданного электротранспортного средства.

Состав расчетно-графического задания:

- Построение характеристик сопротивления движению;
- Расчет и построение электромеханических характеристик тягового двигателя;
- Построение характеристик силы тяги;
- Построение характеристик тормозных сил.

Исходными данными для выполнения задания являются технические характеристики электроподвижного состава и тяговых электродвигателей, приведенные в справочной и методической литературе.

Методы расчета задается преподавателем.

Оцениваемые позиции:

- Своевременность выполнения задания;
- Полнота выполнения задания;
- Точность и правильность расчета;
- Выполнение общепринятых правил по оформлению формул и графиков в тексте задания;
- Полнота пояснений к выполненным расчетам, соответствие текста пояснений научному стилю речи.

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если работа не выполнена в установленный срок в полном объеме, методика и последовательность расчета не соответствуют заданию, расчет содержит принципиальные ошибки, полученные результаты не имеют физического смысла, либо в работе не описана последовательность расчета. Оценка составляет менее 15 баллов.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если работа выполнена в полном объеме, методика и последовательность расчета имеют отступления от задания, расчет содержит существенные ошибки, последовательность расчета описана неполно. Оценка составляет 15 – 19 баллов.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если работа выполнена в установленный срок в полном объеме, методика и порядок расчета соответствуют заданию, расчет содержит несущественные ошибки, последовательность расчета описана с незначительными упущениями. Оценка составляет 20 – 25 баллов.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если работа выполнена в установленный срок в полном объеме, методика и последовательность расчета соответствуют заданию, расчет не содержит ошибок, в работе детально описана последовательность расчета. Оценка составляет 26 – 30 баллов.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Типовой вариант расчетно-графического задания

Тип ЭПС: троллейбус ЗиУ-682Г.

Тип ЭПС	Вместимость пассажиров	Масса троллейбуса, кг	Полная масса, кг	Диаметр колеса, мм	Переда-точное отношение	Максим. скорость, км/ч	Напряжение на токо-приемн., В
ЗиУ-682Г	118	10100	18200	1070	10,7	60	550

Тип тягового электродвигателя:	ДК-213Б
Номинальное напряжение, В	550
Мощность часового режима, кВт	115
Частота вращения, об/мин номинальная	1430
Частота вращения максим., об/мин	3900
Ток часового режима, А	232
Ток длительный, А	205
Число коллекторных пластин	175
Число витков обм. последов. возбуждения	24
Число витков обм. парал. возбуждения	930
Сопротивление обм. якоря при 100 °С, Ом	0,090
Сопротивление обм. послед. возб. при 100 °С, Ом	0,051
Сопротивление обм. допол. полюсов при 100 ⁰ С, Ом	0,045

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра электротехнических комплексов

Паспорт экзамена

по дисциплине «Теория электрической тяги», 8 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1 – 15, второй вопрос из диапазона вопросов 16 – 31 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы, направленные на более полное раскрытие данного студентом ответа.

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФМА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине «Теория электрической тяги»

1. Системы торможения поезда. Сравнение рекуперативных характеристик.
2. Расчет и построение кривых перегрева по сетке температурных кривых.

Утверждаю: зав. кафедрой ЭТК _____ д.т.н, проф. Н.И. Щуров
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений. Оценка составляет *менее 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, привести либо описать структурную схему электротехнической установки либо комплекса. Оценка составляет *20 – 27 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить качественные характеристики процессов; приводит принципиальные электрические схемы и описывает их действие с незначительными ошибками либо не для всех

возможных режимов, приводит графики, поясняющие на качественном уровне работу схем либо протекание физических процессов. Оценка составляет 28 – 35 *баллов*.

- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики. Оценка составляет 36 – 40 *баллов*.

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория электрической тяги»

1. Системы торможения поезда. Сравнение рекуперативных характеристик.
2. Кривые потребляемого поездом тока, построение кривых потребляемого поездом тока.
3. Тормозная характеристика поезда при реостатном торможении. Ограничения, накладываемые на тормозную характеристику $B(v)$.
4. Графический способ построения кривой движения поезда $V(l)$.
5. Определение расхода энергии на движение поезда аналитическим методом.
6. Реостатное торможение. Расчет и построение характеристик реостатного торможения.
7. Тормозные задачи поезда. Общий вид решения тормозных задач. Певая тормозная задача.
8. Графический способ построения кривой расхода энергии $A(l)$.
9. Методы снижения расхода энергии на движение поезда. Влияние пускового ускорения a_n на расход электроэнергии.
10. Основные уравнения и расчет характеристик реостатного торможения.
11. Кривые потребляемого поездом тока $I(t)$ и тягового электродвигателя $I_g(t)$. Расчет кривых $I(t)$ и $I_g(t)$.
12. Применение законов нагревания однородного твердого тела к ТЭД. Уравнение нагревания однородного твердого тела бесконечной теплопроводности.
13. Методы снижения расхода энергии на движение поезда. Влияние тормозного замедления a_t и пусковой скорости V_p на расход энергии.
14. Упрощение плана и профиля трассы.
15. Графический способ построения кривой движения $t(l)$.
16. Энергетика движения поезда. Составляющие расхода энергии на движение поезда.

17. Следящее рекуперативно-реостатное торможение поезда.
18. Задачи тяговых расчетов, интегрирование уравнений движения поезда для построения кривых движения.
19. Определение расхода энергии на движение поезда по кривым потребления тока.
20. Расчет и построение кривых перегрева по сетке температурных кривых.
21. Общий вид решения второй тормозной задачи.
22. Рекуперативное торможение при импульсном уравнении. Диаграммы мгновенных значений токов и напряжений.
23. Аналитический метод определения расходов энергии на движение поезда.
24. Сопряжение кривых движения поезда по заданной ходовой скорости.
25. Построение кривых потребляемого поездом тока $I(t)$ и тока ТЭД $I_g(t)$ при импульсном регулировании. Определение расхода энергии по кривой $I(t)$.
26. Тормозная характеристика поезда при реостатном торможении. Расчет ограничений, накладываемых на характеристику $B(v)$.
27. Кривые движения поезда. Графоаналитический способ расчета кривых движения.
28. Нагревание ТЭД. Нормы допустимого нагревания ТЭД. Вывод уравнения нагревания однородного тела бесконечной теплопроводности.
29. Принципиальные электрические схемы реостатного торможения тяговых электродвигателей.
30. Расчет и построение кривых движения $V(t)$ и $V(l)$ методом профессора Чечетта.
31. Графический способ построения кривой расхода энергии $A(l)$.
32. Тормозные диаграммы реостатного торможения.
33. Реостатное торможение при ТЭД смешанного возбуждения.
34. Реверсивное торможение. Принцип действия и основные уравнения. Характеристики реверсивного торможения.
35. Рекуперативное торможение, принцип действия и основные уравнения рекуперативного торможения.
36. Принципиальные схемы рекуперативного торможения. Преимущества и недостатки.
37. Законы нагревания тяговых электродвигателей.
38. Расчет и построение кривой движения $V(l)$ методом Липеца-Лебедева.

Паспорт курсового проекта

по дисциплине «Теория электрической тяги», 8 семестр

1. Методика оценки.

В рамках курсового проекта (КП) по дисциплине студенты обязаны выполнить поверочный расчет мощности тягового электродвигателя для заданного транспортного средства. В ходе расчета должны быть произведены:

- Построение кривых движения по перегону;
- Построение кривых потребляемого тока;
- Определение удельного расхода электрической энергии на тягу;
- Проверка теплового режима эксплуатации тягового электродвигателя.

Исходными данными для выполнения КП являются результаты выполнения РГЗ в 7 семестре: характеристики действующих сил для заданного типа ЭПС и тягового двигателя, а также профиль перегона.

Последовательность и методы расчета задаются преподавателем на практических занятиях. В ходе практических занятий преподаватель контролирует своевременность выполнения заданных этапов расчета.

Защита КП проводится в устной форме. В ходе защиты курсового проекта студенту может быть предложено:

- Пояснить последовательность расчета;
- Решить задачу на практическое применение основных расчетных формул;
- Описать мероприятия по улучшению режимов работы исследованного им в курсовом проекте типа ЭПС.

Оцениваемые позиции:

- Своевременность выполнения задания;
- Полнота выполнения задания;
- Точность и правильность расчета;
- Выполнение общепринятых правил по оформлению формул и графиков в тексте задания;
- Полнота пояснений к выполненным расчетам, соответствие текста пояснений научному стилю речи;
- Ответы на вопросы в ходе защиты проекта.

2. Критерии оценки.

- Курсовой проект считается **не выполненным**, если КП не сдан в установленный срок в полном объеме, методика и последовательность расчета не соответствуют заданию, расчет содержит принципиальные ошибки, полученные результаты не имеют физического смысла, либо в работе не описана последовательность расчета. Оценка составляет менее 20 баллов.
- Курсовой проект считается выполненным **на пороговом** уровне, если проект выполнен в полном объеме, методика и последовательность расчета имеют отступления от задания, расчет содержит существенные ошибки, последовательность расчета описана неполно, на защите студент не способен пояснить порядок выполнения работы. Оценка составляет 20 – 26 баллов.
- Курсовой проект считается выполненным **на базовом** уровне, если он выполнен в

установленный срок в полном объеме, методика и порядок расчета соответствуют заданию, расчет содержит несущественные ошибки, последовательность расчета описана с незначительными упущениями, допущены ошибки при ответе на вопросы в ходе защиты. Оценка составляет 27 – 35 баллов.

- Курсовой проект считается выполненным **на продвинутом** уровне, если КП был выполнен в установленный срок в полном объеме, методика и последовательность расчета соответствуют заданию, расчет не содержит ошибок, в работе детально описана последовательность расчета, в ходе защиты проекта даны полные ответы на заданные вопросы. Оценка составляет 36 – 40 баллов.

3. Шкала оценки.

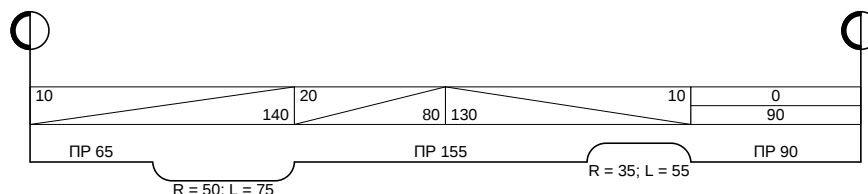
В общей оценке по дисциплине баллы за проект учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Перечень тем курсового проекта.

Темой курсового проекта является поверочный расчет мощности тягового электродвигателя для заданного транспортного средства.

Задания на КП являются продолжением выполненного в 7 семестре расчетно-графического задания. Построение кривых движения выполняется по полученным студентами характеристикам действующих сил тяги, торможения и сопротивления движению.

Дополнительно задается профиль перегона: сведения о протяженности, величине уклона и радиусах кривых. Пример схемы перегона приведен на рисунке.



5. Примерный перечень вопросов к защите курсового проекта.

Поясните последовательность:

- Построения кривых движения графическим либо графоаналитическим способом;
- Определения удельного расхода энергии на тягу;
- Перегрева тягового двигателя.

Рассчитайте:

- Действующую на подвижную единицу силу тяги (сопротивления движения, торможения, результирующую силу) для заданных скорости и уклона в абсолютных и удельных единицах;
- Ускорение ЭПС в заданных условиях работы (таких, как скорость, уклон, режим движения);
- Механическую, электрическую мощность тягового двигателя в заданных условиях работы;
- Ток тягового электродвигателя и ток на токоприемнике транспортного средства в заданных условиях работы.

Поясните:

- Какие мероприятия позволят улучшить тепловой режим работы тягового электродвигателя;
- Как можно понизить расход энергии на тягу в заданных условиях;
- Может ли быть повышена скорость движения ЭПС на заданном перегоне.