

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы бакалавриата
по направлению подготовки
15.03.06 Мехатроника и робототехника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Моделирование и исследование электропривода ПСЖД

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Электрооборудование и электропривод
подвижного состава

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 5214
Подписал: заведующий кафедрой Пудовиков Олег
Евгеньевич
Дата: 27.06.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью изучения дисциплины (модуля) является:

- изучение особенностей построения математических моделей движения подвижного состава при различных вариантах применения электропривода и систем управления им.

Задачами изучения дисциплины (модуля) являются:

- изучение обучающими основ построения одномассовых и многомассовых динамических моделей движения подвижного состава с электроприводом;
- изучение обучающими особенностей математического моделирования механических характеристик электродвигателей при применении различных систем управления ими.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-2 - Способен осуществлять подготовку элементов документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ в области проектирования ПСЖД;

ПК-3 - Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок в области проектирования ПСЖД;

ПК-4 - Способен осуществлять предпроектное обследование и подготовку технико-экономического обоснования создания электрооборудования и электропривода ПСЖД.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- особенности построения одномассовых и многомассовых динамических моделей движения подвижного состава с электроприводом;
- особенности корректного интерпретирования результатов математического моделирования движения подвижного состава с электроприводом;
- основы синтеза требований к системам управления электроприводом ПСЖД и параметров электроприводов на основе проведенного моделирования.

Уметь:

- осуществлять построение одномассовых и многомассовых динамических моделей движения подвижного состава с электроприводом;
- решать прямую и обратную задачи динамики при моделировании движения подвижного состава с электроприводом;
- определять оптимальные решения в вопросе конфигурации системы электропривода ПСЖД с учетом результатов моделирования;

Владеть:

- навыками построения одномассовых и многомассовых динамических моделей движения подвижного состава с электроприводом;
- навыками построения механических характеристик электроприводов ПСЖД в зависимости от конструкции электродвигателей и систем управления ими;
- навыками решения сложных комплексных задач моделирования движения подвижного состава с многодвигательными системами приводов и возможными отклонениями механических характеристик приводов.

3. Объем дисциплины (модуля).**3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 з.е. (288 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов		
	Всего	Семестр	
		№6	№7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	160	80	80
В том числе:			
Занятия лекционного типа	64	32	32
Занятия семинарского типа	96	48	48

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 128 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Математическое моделирование подвижного состава Рассматриваемые вопросы: - структура и свойства математических моделей подвижного состава; - иерархия математических моделей подвижного состава; - классификация математических моделей подвижного состава.
2	Математические модели электропривода ПСЖД Рассматриваемые вопросы: - математические модели движения подвижного состава с электроприводом вращательного действия; - математические модели движения подвижного состава с электроприводом поступательного действия (с линейными электродвигателями); - математические и имитационные модели систем управления электроприводом.
3	Основы построения математических моделей движения подвижного состава с электроприводом (часть 1) Рассматриваемые вопросы: - общие сведения, прямая и обратная задачи динамики; - принцип построения одномассовой динамической модели движения подвижного состава.
4	Основы построения математических моделей движения подвижного состава с электроприводом (часть 2) Рассматриваемые вопросы: - принцип построения многомассовой динамической модели движения подвижного состава; - синтез требований к системам управления, электроприводу и элементам подвижного состава на основе результатов математического моделирования.
5	Принципы построения одномассовой динамической модели движения подвижного состава с электроприводом Рассматриваемые вопросы: - особенности построения модели: уточнение начальных условий, выбор звена приведения, приведения сил и масс; - построение и решение уравнений движения в дифференциальной и энергетической формах; - управление параметрами модели и интерпретация результатов с учетом принятых упрощений.
6	Моделирование механических характеристик электродвигателей вращательного действия (часть 1) Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- механические характеристики электродвигателей постоянного тока; - математическое моделирование механических характеристик электродвигателей постоянного тока.
7	Моделирование механических характеристик электродвигателей вращательного действия (часть 2) Рассматриваемые вопросы: - механические характеристики электродвигателей с фазным ротором; - моделирование механической характеристики электродвигателя с фазным ротором при ступенчатом режиме переключения скоростей.
8	Моделирование механических характеристик электродвигателей вращательного действия (часть 3) Рассматриваемые вопросы: - естественные механические характеристики электродвигателей с короткозамкнутым ротором; - моделирование естественной механической характеристики электродвигателя с короткозамкнутым ротором (сравнительный анализ эффективности моделирования при аппроксимации механических характеристик прямыми и при применении формулы Клосса).
9	Моделирование механических характеристик электродвигателей вращательного действия (часть 4) Рассматриваемые вопросы: - особенности тиристорного регулирования напряжения (переменный ток); - моделирование механической характеристики электродвигателя с короткозамкнутым ротором при применении совместно с тиристорными преобразователями напряжения.
10	Моделирование механических характеристик электродвигателей вращательного действия (часть 5) Рассматриваемые вопросы: - особенности тиристорного регулирования частоты переменного тока; - моделирование механической характеристики электродвигателя с короткозамкнутым ротором при применении совместно с тиристорными преобразователями частоты переменного тока.
11	Моделирование механических характеристик электродвигателей вращательного действия (часть 6) Рассматриваемые вопросы: - исследования влияния настроек систем управления с тиристорным регулированием частоты переменного тока на эксплуатационные характеристики привода; - особенности выбора тиристорных преобразователей частоты тока при применении в системах электропривода.
12	Моделирование механических характеристик электродвигателей вращательного действия (часть 7) Рассматриваемые вопросы: - особенности применения гидромуфт совместно с электродвигателями с короткозамкнутым ротором; - построение и интерполяция механической характеристики совместной работы электродвигателя с короткозамкнутым ротором и гидромуфты.
13	Моделирование механических характеристик электродвигателей поступательного действия Рассматриваемые вопросы: - механические характеристики линейных синхронных и асинхронных электродвигателей; - моделирование механических характеристик линейных синхронных и асинхронных электродвигателей.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
14	Решение уравнений движения с учетом вида механической характеристики электропривода (часть 1) Рассматриваемые вопросы: - составление уравнения движения в дифференциальной или энергетической форме с учетом вида механической характеристики электропривода (одномассовая динамическая модель); - последовательность решения уравнения движения (одномассовая динамическая модель).
15	Решение уравнений движения с учетом вида механической характеристики электропривода (часть 2) Рассматриваемые вопросы: - вид кривых (функции изменения координат и скоростей) при решении уравнений движения для разных типов электропривода (одномассовая динамическая модель); - сравнительный анализ кривых (функции изменения координат и скоростей) движения при применении разных типов электропривода (одномассовая динамическая модель).
16	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электроприводом Рассматриваемые вопросы: - структура модели для подвижного состава без технологических нагрузок (грузовой и пассажирский); - структура модели для подвижного состава с технологическими нагрузками (путевые машины и специализированные средства подвижного состава);
17	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электроприводом постоянного тока Рассматриваемые вопросы: - принципы построения модели; - последовательность построения модели; - синтез системы уравнений движения.
18	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электродвигателем с фазным ротором и ступенчатым регулированием Рассматриваемые вопросы: - принципы построения модели; - последовательность построения модели; - синтез системы уравнений движения; - недостатки ступенчатого регулирования при управлении движением подвижного состава.
19	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором на естественных механических характеристиках Рассматриваемые вопросы: - принципы построения модели; - последовательность построения модели; - синтез системы уравнений движения.
20	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором при тиристорном регулировании напряжения (переменный ток) Рассматриваемые вопросы: - принципы построения модели; - последовательность построения модели; - синтез системы уравнений движения.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
21	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором при тиристорном регулировании частоты переменного тока Рассматриваемые вопросы: - принципы построения модели; - последовательность построения модели; - синтез системы уравнений движения.
22	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором и гидромуфтой Рассматриваемые вопросы: - принципы построения модели; - последовательность построения модели; - синтез системы уравнений движения; - недостатки применения гидромуфт при движении подвижного состава.
23	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с линейными синхронными и асинхронными электродвигателями Рассматриваемые вопросы: - принципы построения модели; - последовательность построения модели; - синтез системы уравнений движения.
24	Моделирование движения подвижного состава при многодвигательном электроприводе (часть 1) Рассматриваемые вопросы: - отклонения механических характеристик электродвигателей; - изменения вида механической характеристики электродвигателя с учетом отклонения номинального скольжения; - проектные гипотезы учета возможных отклонений механических характеристик электродвигателей.
25	Моделирование движения подвижного состава при многодвигательном электроприводе (часть 2) Рассматриваемые вопросы: - вероятностное моделирование отклонений скольжения электродвигателей приводов; - степень точности моделирования, коэффициент стабильности механической характеристики.
26	Моделирование движения подвижного состава при многодвигательном электроприводе (часть 3) Рассматриваемые вопросы: - система сочетаний отклонений скольжения электродвигателей в структурах систем приводов подвижного состава; - общесистемные и внутренние отклонения, формирование расчетных сочетаний.
27	Моделирование движения подвижного состава при многодвигательном электроприводе (часть 4) Рассматриваемые вопросы: - моделирование движения подвижного состава при многодвигательном приводе с учетом возможных отклонений механических характеристик электродвигателей; - интерпретация полученных данных для синтеза оптимальных управляющих воздействий.
28	Моделирование движения подвижного состава при многодвигательном электроприводе (часть 5) Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- особенности применения элементов обработки больших данных при исследовании массива сочетаний отклонений скольжения электродвигателей системы привода подвижного состава, особенности структурирования полученных данных; - разработка программных решений для обработки и анализа результатов моделирования.
29	Программные решения для моделирования движения подвижного состава с электроприводом Рассматриваемые вопросы: - отечественные и зарубежные программные комплексы; - возможности и особенности моделирования с применением программного комплекса «Универсальный механизм».
30	Научные направления в области моделирования и исследований электропривода ПСЖД (Часть 1) Рассматриваемые вопросы: - исследования в области моделирования различных режимов работы систем управления электроприводом ПСЖД; - прикладные экспериментальные исследования в области эксплуатации систем управления электроприводом ПСЖД; - исследования в области электропривода подвижного состава для высокоскоростных магистралей (ВСМ).
31	Научные направления в области моделирования и исследований электропривода ПСЖД (Часть 2) Рассматриваемые вопросы: - исследования в области моделирования движения ПСЖД с электроприводом: сопротивления движению, плавность хода, плавность пуска и торможения, движение высокоскоростного подвижного состава; - исследования процессов в многодвигательных системах приводов ПСЖД.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Построение одномассовой динамической модели движения подвижного состава с использованием математических программных пакетов В результате выполнения лабораторной работы студенты опытным путем с использованием математических программных пакетов выполняют построение одномассовой динамической модели движения подвижного состава с введением в модель постоянных и переменных сил сопротивления движению.
2	Синтез вида механической характеристики для заданных условий движения подвижного состава на основе одномассовой динамической модели (решение обратной задачи динамики) В результате выполнения лабораторной работы студенты опытным путем с использованием математических программных пакетов выполняют построение одномассовой динамической модели движения подвижного состава с введением в модель постоянных и переменных сил сопротивления движению, а также для заданных параметров времени пуска и торможения, величин допустимых ускорений определяют возможные параметры внешнего вида тяговой характеристики двигателя, способной реализовать указанные параметры.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
3	Построение механической характеристики электродвигателя с фазным ротором при ступенчатом управлении скоростью движения В результате выполнения лабораторной работы студенты опытным путем с использованием математических программных пакетов выполняют синтез соответствующих функций и построение механической характеристики электродвигателя с фазным ротором при ступенчатом управлении скоростью движения.
4	Построение механической характеристики совместной работы электродвигателя и гидромufты В результате выполнения лабораторной работы студенты опытным путем с использованием математических программных пакетов выполняют построение механической характеристики совместной работы электродвигателя и гидромufты.
5	Построение многомассовой динамической модели движения подвижного состава с использованием математических программных пакетов – предварительный этап В результате выполнения лабораторной работы студенты опытным путем с использованием математических программных пакетов выполняют построение многомассовой динамической модели движения подвижного состава с введением в модель постоянных и переменных сил сопротивления движению. Каждому студенту выдается индивидуальное задание с указанием особенностей учета сил сопротивления движению, параметров моделируемого подвижного состава.
6	Построение многомассовой динамической модели движения подвижного состава с использованием математических программных пакетов – моделирование движения с учетом типа электропривода В результате выполнения лабораторной работы студенты опытным путем с использованием математических программных пакетов выполняют построение многомассовой динамической модели движения подвижного состава с введением в модель механических характеристик электродвигателей без учета неравномерности распределения тяговых усилий между приводами. Каждому студенту выдается индивидуальное задание с указанием типов моделируемого электропривода.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Прикладное программное обеспечение в области математических расчетов, используемое при построении математических моделей В результате выполнения практического задания студент изучает основные прикладные математические программные пакеты, применимые для построения математических моделей, их особенности, недостатки, оптимальные области применения. Практическое занятие проводится в форме мастер-класса преподавателя.
2	Математические модели электропривода ПСЖД В результате выполнения практического задания студент самостоятельно закрепляет компетенции в области знания классификации и областей применения математических моделей электропривода ПСЖД.
3	Принцип построения одномассовой динамической модели движения твердого тела В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания общих принципов построения одномассовых динамических моделей движения твердого тела, составления и решения уравнений движения в энергетической и дифференциальной формах.
4	Принцип построения многомассовой динамической модели движения системы связанных тел В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания общих

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	принципов построения многомассовых динамических моделей движения системы связанных тел, составления и решения систем уравнений движения.
5	Принципы построения одномассовой динамической модели движения подвижного состава с электроприводом В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания принципов построения одномассовых динамических моделей движения подвижного состава, приведения сил, масс, решения уравнений движения. Практическое занятие проводится в форме решения индивидуальных задач, выданных преподавателем.
6	Математическое моделирование механических характеристик электродвигателей постоянного тока В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ составления математического описания механических характеристик электродвигателей постоянного тока. Практическое занятие проводится в форме решения индивидуальных задач, выданных преподавателем.
7	Моделирование механической характеристики электродвигателя с фазным ротором при ступенчатом режиме переключения скоростей В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ моделирования механической характеристики электродвигателя с фазным ротором при ступенчатом режиме переключения скоростей. Практическое занятие проводится в форме решения индивидуальных задач, выданных преподавателем.
8	Моделирование естественной механической характеристики электродвигателя с короткозамкнутым ротором В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ моделирования естественной механической характеристики электродвигателя с короткозамкнутым ротором при аппроксимации механических характеристик прямыми и при применении формулы Клосса. Практическое занятие проводится в форме решения индивидуальных задач, выданных преподавателем.
9	Моделирование механической характеристики электродвигателя с короткозамкнутым ротором при применении совместно с тиристорными преобразователями напряжения В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ моделирования механической характеристики электродвигателя с короткозамкнутым ротором при применении совместно с тиристорными преобразователями напряжения. Практическое занятие проводится в форме решения индивидуальных задач, выданных преподавателем.
10	Моделирование механической характеристики электродвигателя с короткозамкнутым ротором при применении совместно с тиристорными преобразователями частоты переменного тока В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ моделирования механической характеристики электродвигателя с короткозамкнутым ротором при применении совместно с тиристорными преобразователями частоты переменного тока. Практическое занятие проводится в форме решения индивидуальных задач, выданных преподавателем.
11	Моделирование механических характеристик электродвигателей В результате выполнения практического задания студент самостоятельно закрепляет компетенции в области моделирования механических характеристик электродвигателей в соответствии с заданием, выданным преподавателем.
12	Построение и интерполяция механической характеристики совместной работы электродвигателя с короткозамкнутым ротором и гидромuffты

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения и интерполяции механической характеристики совместной работы электродвигателя с короткозамкнутым ротором и гидромукты. Практическое занятие проводится в форме решения индивидуальных задач, выданных преподавателем.
13	Моделирование механических характеристик линейных синхронных и асинхронных электродвигателей В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ моделирования механических характеристик линейных синхронных и асинхронных электродвигателей. Практическое занятие проводится в форме решения индивидуальных задач, выданных преподавателем.
14	Построение одномассовой динамической модели движения подвижного состава с учетом вида механической характеристики электродвигателя – общий алгоритм В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения одномассовой динамической модели движения подвижного состава с учетом вида механической характеристики электродвигателя. Практическое занятие проводится в форме мастер-класса преподавателя.
15	Построение одномассовой динамической модели движения подвижного состава с учетом вида механической характеристики электродвигателя – решение уравнений движения для различных видов механических характеристик электродвигателей В результате выполнения практического задания студент самостоятельно закрепляет компетенции в области решения уравнений движения для различных видов механических характеристик электродвигателей (в соответствии с выданным заданием).
16	Структура многомассовой динамической модели для подвижного состава без технологических нагрузок (грузовой и пассажирский) В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения многомассовой динамической модели для подвижного состава без технологических нагрузок (грузовой и пассажирский). Практическое занятие проводится в форме решения индивидуальных задач, выданных преподавателем.
17	Структура многомассовой динамической модели для подвижного состава с технологическими нагрузками (путевые машины и специализированные средства подвижного состава) В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения многомассовой динамической модели для подвижного состава с технологическими нагрузками (путевые машины и специализированные средства подвижного состава).
18	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электроприводом постоянного тока В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения многомассовой динамической модели движения подвижного состава с электроприводом постоянного тока.
19	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электродвигателем с фазным ротором и ступенчатым регулированием В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения многомассовой динамической модели движения подвижного состава с электродвигателем с фазным ротором и ступенчатым регулированием.
20	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором на естественных механических характеристиках В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	построения многомассовой динамической модели движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором на естественных механических характеристиках.
21	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором при тиристорном регулировании напряжения (переменный ток) В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения многомассовой динамической модели движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором при тиристорном регулировании напряжения (переменный ток).
22	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором при тиристорном регулировании частоты переменного тока В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения многомассовой динамической модели движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором при тиристорном регулировании частоты переменного тока.
23	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором и гидромуфтой В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения многомассовой динамической модели движения подвижного состава с электродвигателем с короткозамкнутым ротором и гидромуфтой.
24	Многомассовая динамическая модель движения подвижного состава с линейными синхронными и асинхронными электродвигателями В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения многомассовой динамической модели движения подвижного состава с линейными синхронными и асинхронными электродвигателями.
25	Отклонения механических характеристик электродвигателей В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ построения механических характеристик электродвигателей с учетом их возможных отклонений на основе применяемых гипотез.
26	Вероятностное моделирование отклонений скольжения электродвигателей приводов В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ вероятностного подхода к определению интервалов отклонений механических характеристик электродвигателей.
27	Формирование системы сочетаний отклонений скольжения электродвигателей в структурах систем приводов подвижного состава В результате выполнения практического задания студент формирует и закрепляет знания основ формирования системы сочетаний отклонений скольжения электродвигателей в структурах систем приводов подвижного состава.
28	Моделирование движения подвижного состава при многодвигательном приводе с учетом возможных отклонений механических характеристик электродвигателей (часть 1) В результате выполнения практического задания студент под руководством преподавателя закрепляет навыки построения модели движения подвижного состава при многодвигательном приводе с учетом возможных отклонений механических характеристик электродвигателей в соответствии с выданным заданием (выбор интервалов отклонений, построение системы сочетаний

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	отклонений скольжения, построение системы механических характеристик для полученной системы сочетаний).
29	Моделирование движения подвижного состава при многодвигательном приводе с учетом возможных отклонений механических характеристик электродвигателей (часть 2) В результате выполнения практического задания студент под руководством преподавателя закрепляет навыки построения модели движения подвижного состава при многодвигательном приводе с учетом возможных отклонений механических характеристик электродвигателей в соответствии с выданным заданием (построение одномассовой динамической модели, приведение сил, масс, решение уравнения движения для одного из сочетаний отклонений).
30	Моделирование движения подвижного состава при многодвигательном приводе с учетом возможных отклонений механических характеристик электродвигателей (часть 3) В результате выполнения практического задания студент под руководством преподавателя закрепляет навыки построения модели движения подвижного состава при многодвигательном приводе с учетом возможных отклонений механических характеристик электродвигателей в соответствии с выданным заданием (решение уравнений движения для остальных сочетаний отклонений, определение наиболее неблагоприятных возможных сочетаний и способов управления электроприводом на основе полученных параметров).

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение дополнительной литературы.
2	Подготовка к практическим занятиям.
3	Подготовка к лабораторным работам.
4	Выполнение курсовой работы.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Тематика курсовой работы: построить одномассовую модель движения подвижного состава при многодвигательном приводе с учетом возможных отклонений механических характеристик электродвигателей.

Курсовая работа состоит из расчетной и графической частей.

Графическая часть оформляется в соответствии стандартам ЕСКД и содержит 1 чертеж формата А1 (с отражением графических интерпретаций полученных решений уравнений движения).

Расчетная часть представляется в виде расчетно-пояснительной записки объемом 25 – 50 страниц А4, оформленной в соответствии со стандартами ЕСКД, и содержащей следующие разделы:

1. Титульный лист (1 страница).
2. Задание на курсовую работу (1 страница).
3. Содержание (1 страница).
4. Построение модели.
5. Библиографический список.

Варианты:

1. Электровоз ВЛ80 с 8 двигателями

Номинальная мощность двигателя: 800 кВт.

Отклонение характеристик: $\pm 5\%$ по моменту у 2-х двигателей.

Условия: движение на подъем 10% с нагрузкой 6000 т.

2. Электропоезд ЭП20 с 12 двигателями

Номинальная мощность: 500 кВт.

Отклонение: $+7\%$ у 3-х двигателей из-за износа щеток.

Условия: равнинная трасса, режим разгона.

3. Грузовой электровоз 2ЭС6 с 6 двигателями

Номинальный момент: 45 кН·м.

Отклонение: -10% у одного двигателя (неисправность системы охлаждения).

Условия: движение с составом 8000 т на спуске 5% .

4. Электровоз ЧС7 с 6 двигателями

Номинальная скорость: 160 км/ч.

Отклонение: $+12\%$ у одного двигателя (некорректная настройка регулятора).

Условия: движение по кривой $R=600$ м.

5. Электропоезд «Ласточка» с 16 двигателями

Мощность: 350 кВт.

Отклонение: -6% у 4-х двигателей (разная степень износа подшипников).

Условия: участок с переменным уклоном (от 0 до 8‰).

6. Высокоскоростной поезд «Сапсан» (12 двигателей)

Мощность: 600 кВт.

Отклонение: +10% у 2-х двигателей (разная настройка инверторов).

Условия: разгон до 250 км/ч.

7. Электровоз 2ТЭ25К с 8 двигателями

Момент: 50 кН·м.

Отклонение: ±7% из-за разброса параметров силовой электроники.

Условия: движение с грузовым составом на затяжном подъеме.

8. Электропоезд ЭР2Р с 6 двигателями

Мощность: 240 кВт.

Отклонение: +10% у одного двигателя (повреждение изоляции).

Условия: участок с частыми переключениями скорости.

9. Электровоз ВЛ11 с 8 двигателями

Мощность: 700 кВт.

Отклонение: ±12% из-за разной степени износа коллекторов.

Условия: работа в зимних условиях (-30°C).

10. Грузовой электровоз 3ЭС5К (12 двигателей)

Момент: 55 кН·м.

Отклонение: +9% у 3-х двигателей (перегрев обмоток).

Условия: движение с составом 10 000 т.

11. Электропоезд ЭД4М (8 двигателей)

Момент: 25 кН·м.

Отклонение: ±6% из-за разной настройки контроллеров.

Условия: участок с частыми остановками.

12. Электровоз 2ЭС10 (10 двигателей)

Мощность: 750 кВт.

Отклонение: +8% у 2-х двигателей (разная степень износа редукторов).

Условия: движение по кривой R=400 м.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Терехин, В. Б. Компьютерное моделирование систем электропривода постоянного и переменного тока в Simulink : учебное пособие / В. Б. Терехин, Ю. Н. Дементьев. — Томск : ТПУ, 2015. — 307 с. — ISBN 978-5-4387-0558-1.	URL: https://e.lanbook.com/book/82848 (дата обращения: 14.07.2025). - Текст: электронный.
2	Раздобаров, А. В. Автоматизированные и микропроцессорные системы управления электроподвижным составом : учебное пособие / А. В. Раздобаров. — Омск : ОмГУПС, 2022 — Часть 1 — 2022. — 108 с. — ISBN 978-5-949-41308-1.	URL: https://e.lanbook.com/book/419453 (дата обращения: 14.07.2025). - Текст: электронный.
3	Тарасик, В. П. Математическое моделирование технических систем : учебник / В. П. Тарасик. — Минск : Новое знание, 2013. — 584 с. — ISBN 978-985-475-539-7.	URL: https://e.lanbook.com/book/4324 (дата обращения: 14.07.2025). - Текст: электронный.

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.mii.ru/>);

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.mii.ru/>);

Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>);

Общие информационные, справочные и поисковые системы «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru/>), «Гарант» (<http://www.garant.ru/>);

«Техэксперт» — справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию (<https://docs.cntd.ru/>);

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Office (Word, Excel); MatLab Simulink; SimInTech; Codesys.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 6 семестре.

Курсовая работа в 7 семестре.

Экзамен в 7 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

старший преподаватель кафедры
«Электропоезда и локомотивы»

Д.В. Назаров

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Заведующий кафедрой ЭлЛ

О.Е. Пудовиков

Председатель учебно-методической
комиссии

С.В. Володин