Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 23.05.2026 08:30:27
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Передовая инженерная школа технологического лидерства «FDR»

УТВЕРЖДАЮ
Директор
_____ /П.Итурралде /
«26» февраля 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Динамическое моделирование наземных транспортных средств на электрической тяге

Направление подготовки
23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Профиль
Электрифицированные транспортные средства

Квалификация
магистр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 г.

Разработчик(и):

Преподаватель,
без учёной степени  /П.С.Рубанов/

Согласовано:
Отдел организации
и управления учебным
процессом  /Д.Т.Хамдамова/

Руководитель
образовательной программы
доцент, к.т.н.  /А.В.Климов/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы....5
3. Структура и содержание дисциплины....5
   - 3.1 Виды учебной работы и трудоемкость....5
   - 3.2 Тематический план изучения дисциплины....6
   - 3.3 Содержание дисциплины....6
   - 3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....8
   - 3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....8
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....8
   - 4.1 Нормативные документы и ГОСТы....8
   - 4.2 Основная литература....8
   - 4.3 Дополнительная литература....8
   - 4.4 Электронные образовательные ресурсы....9
   - 4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....10
   - 4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....10
5. Материально-техническое обеспечение....10
6. Методические рекомендации....10
   - 6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....10
   - 6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....11
7. Фонд оценочных средств....12
   - 7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения....12
   - 7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения....13
   - 7.3 Оценочные средства....13

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «Динамическое моделирование наземных транспортных средств на электрической тяге» следует отнести:

- реализация основной образовательной программы (ООП) по специальности 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», направленность 23.04.02.01 «Электрифицированные транспортные средства»;

- формирование у обучающихся знаний об устройстве и методах проектирования современных электрических машинах, применяемых в тяговом электроприводе электромобилей;

- подготовка студентов к самостоятельной деятельности в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы», профиль подготовки 23.04.02.01 «Электрифицированные транспортные средства».

К **основным задачам** освоения дисциплины «Динамическое моделирование наземных транспортных средств на электрической тяге» следует отнести:

— формирование представления о взаимодействии твердых тел в пространстве;

— освоение общих принципов и особенностей методик моделирования динамики агрегатов транспортных средств в твердых телах в программном комплексе Simcenter Motion;

— формирование навыков получения и интерпретации результатов проведенного моделирования в среде динамики твердых тел.

Обучение по дисциплине «Динамическое моделирование наземных транспортных средств на электрической тяге» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1. Способен проводить конструкторское сопровождение производства и испытаний АТС и их компонентов	ИПК - 1.1 Знает принцип построения динамических моделей транспортных средств; ИПК - 1.2 Умеет собирать динамические модели агрегатов электрических транспортных средств и автомобиля в целом; ИПК-1.3. Владеет методами динамического моделирования и оценкой эксплуатационных свойств наземных

	электрических транспортных средств, их систем и агрегатов.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Динамическое моделирование наземных транспортных средств на электрической тяге» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы магистратуры.

«Динамическое моделирование наземных транспортных средств на электрической тяге» взаимосвязана логически и содержательно- методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Математическое моделирование рабочих процессов автомобиля.
- Цифровые технологии в автомобилестроении.
- Системы управления движением электрических транспортных средств.
- Основы разработки и тестирования алгоритмов управления электрических транспортных средств.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц (144 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			3
1	**Аудиторные занятия**	**36**	36
	В том числе:		
1.1	Лекции		18
1.2	Семинарские/практические занятия		18
1.3	Лабораторные занятия		
2	**Самостоятельная работа**	**108**	108
3	**Промежуточная аттестация**		
	Экзамен		

	Итого	**144**	

3.2 Тематический план изучения дисциплины
(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Основные виды простейших механизмов. Основные понятия и определения	16	2	2	-	-	12
2	Требования, предъявляемые к зубчатым передачам в составе агрегатов транспортных средств.	16	2	2	-	-	12
3	Виды систем подрессоривания транспортных средств и предъявляемые к ним требования	16	2	2	-	-	12
4	Виды силовых установок в транспортных средствах и методы их моделирования	16	2	2	-	-	12
5	Сборки твердотельных динамических моделей	16	2	2	-	-	12
6	Моделирование движения транспортного средства в динамики твердых тел и исследования его эксплуатационных характеристик.	16	2	2	-	-	12
7	Общие вопросы МКЭ.	16	2	2	-	-	12
8	Применение податливых элементов в динамических моделях	16	2	2	-	-	12
9	Основы совместного моделирования в программных комплексах.	16	2	2	-	-	12
Итого		**144**	**18**	**18**	**-**	**-**	**108**

3.3 Содержание дисциплины

1. Основные виды простейших механизмов. Основные понятия и определения.

Simcenter 3D открывает возможности моделирования динамики множества тел, что выходит за рамки простой кинематики. Анализируя движение системы, Simcenter Motion вычисляет силы реакции, крутящие моменты,

скорости, ускорения и многое другое. Simcenter 3D позволяет напрямую преобразовывать геометрию CAD и ограничения сборки в точную кинематическую модель. Встроенный решатель и постпроцессор дают возможность получить решение и провести его анализ в широком диапазоне изменения параметров.

2. Требования, предъявляемые к зубчатым передачам в составе агрегатов транспортных средств.

Виды зубчатых передач, применяющихся в транспортных средствах, принцип работы. Способы задания зубчатых передач в динамической модели транспортного средства.

3. Виды систем подрессоривания транспортных средств и предъявляемые к ним требования.

Виды подвесок транспортных средств и элементы систем подрессоривания. Метод синтеза упруго-демпфирующих характеристик и задание в динамических моделях.

4. Виды силовых установок в транспортных средствах и методы их моделирования.

Виды силовых агрегатов, устанавливаемых на транспортных средствах. Способ задания силового агрегата в динамической модели транспортного средства.

5. Сборки твердотельных динамических моделей.

Создание динамической модели транспортного средства из отдельных динамических моделей агрегатов и систем.

6. Моделирование движения транспортного средства в динамики твердых тел и исследования его эксплуатационных характеристик.

Создание решений для динамических моделей транспортных средств. Анализ эксплуатационных свойств наземных транспортных средств. Построение графиков.

7. Общие вопросы МКЭ.

Применение МКЭ для расчета элементов транспортных средств, при помощи нагрузок, полученных при динамическом моделировании. Анализ напряженно-деформированного состояния и деформаций элементов.

8. Применение податливых элементов в динамических моделях.

Динамическое моделирование с учетом податливости элементов транспортного средства, влияющих на возникающие нагрузки при движении.

9. Основы совместного моделирования в программных комплексах.

Проведение расчета динамики транспортного средства с помощью совместного моделирования в двух программных комплексах для более подробного описания работы систем транспортного средства.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Отсутствуют курсовые проекты согласно учебному плану

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

ГОСТ 2582-2013 МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ МАШИНЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ВРАЩАЮЩИЕСЯ ТЯГОВЫЕ Общие технические условия

ГОСТ 2582-2013. Машины электрические вращающиеся тяговые. Общие технические условия

4.2 Основная литература

1. Нагайцев, М. В. АТС с комбинированными энергоустановками (КЭУ) / М. В. Нагайцев, А. А. Эйдинов. – М. : Экология машиностроения, 2014. – 442 с.
2. Нагайцев, М. В. Электромобили / М. В. Нагайцев, А. А. Эйдинов. – М. : Экология Машиностроения, 2014. – 515 с.
3. Ефремов И.С. Теория и расчёт тягового электропривода электромобилей. Учеб.пособие для вузов по спец. «Городской электрический транспорт» и «Электрическая тяга и автоматизация тяговых устройств» / под ред. – И.С. Ефремова. М. : Высшая школа, 1984. - 383 с.
4. Златин, П. А. Электромобили и гибридные автомобили / П. А. Златин, В. А. Кеменов, И. П. Ксеневич. – М. : Агроконсалт, 2004. – 416 с..
5. Богданов, К.Л. Основы тягового электропривода: учеб пособие/ К.Л. Богданов−М. : МАДИ. - 2009, 57 с.
6. Конструкции современных транспортных средств на электрической тяге / К.Е. Карпухин, Р.Х. Курмаев. М: ФГУП «НАМИ», 2019 г. – 196 с.

7. Jiquan Wang, Battery electric vehicle energy consumption modelling, testing and prediction: a practical case study. PhD thesis, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, the Netherlands, 2016.
8. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles : fundamentals, theory, a. design / Mehrdad Ehsani [et al.]. - Boca Raton [etc.] : CRC press, cop. 2005. - 395 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Ксеневич, И.П. Идеология проектирования электромеханических систем для гибридной мобильной техники / И.П. Ксеневич, Д.Б. Изосимов// Тракторы и сельско-хозяйственные машины. – 2007. – №1.
2. Вольдек, А.И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов / А.И. Вольдек, В.В. Попов. – СПб.: Питер, 2010. – 350 с.
3. Копылов, И.П. Электрические машины: учебник для вузов /И.П. Копылов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 360 с.
4. Копылов, И.П. Математическое моделирование электрических машин: учеб. для вузов / И.П. Копылов. – М.: Высшая школа, 2001. – 327 с.
5. Строганов В.И. Математическое моделирование основных компонентов силовых установок электромобилей и автомобилей с КЭУ: учеб. пособие / В.И. Строганов, К.М. Сидоров. – М.: МАДИ, 2015. – 100 с.
6. Овчинников, И. Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе (малая и средняя мощность) / И. Е Овчинников : Курс лекций. - СПб. : КОРОНА-Век, 2006. - 336 с.
7. Бекишев Р.Ф. Общий курс электропривода: учебное пособие / Р.Ф. Бекишев, Ю.Н. Дементьев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд_во Томского политехнического университета, 2010. – 302 с.
8. Васильев Б. Ю. Электропривод. Энергетика электропривода. Учебник. – М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – 268 с.
9. Анучин А.С. Системы управления электроприводом: учебник для вузов. – М. : Издательский дом МЭИ , 2015 – 373 с.
10. Калачев Ю.Н. Векторное регулирование (заметки практика) / Ю.Н. Калачев: Методическое пособие. М.: ЭФО, 2013. – 63 с. http://privod.news/files/kniga_www_3.pdf
11. Беспалов В.Я. Электрические машины: учеб. Пособие для студенетов высш. учебных заведений / В.Я. Беспалов, Н.Ф. Котеленец. – М. : Издательский центр «Академия», 2006. 320 с.
12. Анопченко, В.Г. Практикум по теории движения автомобиля [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Красноярск : СФУ, 2013. — 116 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/64569. — Загл. с экрана.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте http://lib.mami.ru/.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Программное обеспечение Ansys Motor-CAD для проектирования электрических машин
2. Office / Российский пакет офисных программ

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. http://rushim.ru/books/electrochemistry/electrochemistry.htm - электронная библиотека
2. http://www.ise-online.org International Society of Electrochemistry
3. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)
4. СДО Московского Политеха

5. Материально-техническое обеспечение

Специализированные аудитории «Передовая инженерная школа»: АВ4701 и АВ4710 оснащенные проектором, экраном, ПЭВМ.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекции и лабораторные занятия. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение лабораторных занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное

извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекционные занятия. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, ответить на вопросы.

Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой. Темы задач, предлагаемых студентам для решения на лабораторных занятиях, должны быть максимально приближены к темам последних лекций по данной дисциплине. В связи с указанным, целесообразен тесный контакт лектора с преподавателями, ведущими лабораторные занятия.

Изучение дисциплины завершается экзаменом. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий экзамен, лично несёт ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником. Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами вопросов устройства транспортных средств, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины. Самостоятельная работа студентов направлена на изучение теоретического материала, подготовку к лекционным, лабораторным, выполнение контрольных заданий.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачами самостоятельной работы студента являются:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;

- освоение содержания дисциплины;

- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;

- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к дифференцированному зачету и экзамену.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с технической литературой. Научиться работать с технической литературой - важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с технической литературой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное усвоить и применить на практике.

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка и выполнение лабораторных работ.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Полное и глубокое знание материала. Уверенное владение терминологией. Безошибочное решение задач любой сложности в рамках программы. Умение аргументировать выбор методов моделирования. нестандартные ситуации.
Хорошо	Знание основного материала, но допущены незначительные неточности в определениях или расчетах. Способность решать стандартные задачи, но возможны затруднения при усложнении условий или требовании пояснить физический смысл явления.
Удовлетворительно	Знание базовых понятий фрагментарно. Допущены существенные ошибки в терминологии или расчетах. Способность решать только типовые задачи по образцу под руководством преподавателя.
Неудовлетворительно	Отсутствие знаний основных понятий дисциплины. Неспособность решать даже простейшие задачи по теме курса.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Модуль 1. Основы конструкции и моделирования

Тема: Основные виды простейших механизмов. Основные понятия и определения.

Задание: Тест на знание определений (рычаг, блок, винт, кинематическая пара). Задача на расчет выигрыша в силе для заданного механизма.

Тема: Требования к зубчатым передачам.

Задание: Тест на знание видов зубчатых передач (цилиндрические, конические, червячные). Задача на расчет передаточного числа и модуля зацепления.

Тема: Виды силовых установок и методы их моделирования.

Задание: Сравнение характеристик ДВС, электродвигателей и гибридных установок в виде таблицы. Задача на расчет крутящего момента по внешней скоростной характеристике.

Модуль 2. Динамика и моделирование транспортных средств

Тема: Виды систем подрессоривания.

Задание: Схематично изобразить схему подвески (Макферсон, двухрычажная, торсионная). Задача на расчет жесткости подвески для обеспечения заданной частоты собственных колебаний.

Тема: Сборки твердотельных динамических моделей.

Задание: Практическая работа в CAD-системе: сборка модели узла подвески или трансмиссии из готовых деталей.

Тема: Моделирование движения ТС в динамике твердых тел.

Задание: Лабораторная работа в CAE-системе (например, Adams/Simulink): расчет ускорения автомобиля при разгоне на первой передаче.

Модуль 3. Современные методы анализа

Тема: Основы МКЭ и податливые элементы.

Задание: Тест на знание отличий жестких тел от податливых (гибких) элементов. Задача на интерпретацию результатов модального анализа детали.

Тема: Совместное моделирование.

Задание: Описать схему сопряжения программных комплексов (например, «CAD — MBS — FEA»). Защита отчета по лабораторной работе по совместному моделированию вибрации рамы.

7.3.2. Итоговый контроль

Проводится в конце семестра для комплексной оценки знаний по всей дисциплине.

Формы контроля:

Экзамен (устный или письменный).

Экзаменационный билет (сочетание теоретического вопроса и задачи).

Курсовой проект/зачет с оценкой (если предусмотрен).

Структура экзаменационного билета:

Билет состоит из двух частей:

Часть 1. Теоретический вопрос (Проверка знаний)Студент должен продемонстрировать знание терминологии, определений и теоретических основ.

Примерные вопросы:

Классификация зубчатых передач, применяемых в агрегатах транспортных средств. Требования к ним по надежности и шумности.

Сравнительный анализ систем подрессоривания: зависимая, независимая, пневматическая. Требования к плавности хода и управляемости.

Методы моделирования силовых установок: от простых аппроксимаций до сложных моделей с учетом термодинамики.

Основы метода конечных элементов (МКЭ). Понятие податливого элемента в динамической модели и его роль в анализе вибраций.

Часть 2. Практическое задание / Задача (Проверка умений)

Студент должен применить знания для решения инженерной задачи или анализа модели.

Примерные задания:

Задача на синтез механизма: Рассчитать параметры простейшего подъемного механизма для заданного веса груза и усилия рабочего.

Задача на динамику: Для заданной твердотельной модели автомобиля рассчитать максимальную скорость преодоления синусоидального препятствия без отрыва колес (пробой подвески).

Задание на моделирование:

Построить в среде твердотельного моделирования сборку редуктора из деталей.

Или: Провести анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) рычага подвески методом конечных элементов с использованием податливых элементов и оценить коэффициенты запаса прочности.

Аналитическая задача: Провести сравнительный анализ эксплуатационных характеристик двух транспортных средств с разными силовыми установками (например, бензиновый авто vs электромобиль) на основе их динамических моделей.