

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрический транспорт

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ОСНОВЫ ТЕОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08.08
Трудоемкость в зачетных единицах:	8 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	8 семестр - 28 часа;
Практические занятия	8 семестр - 28 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	8 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	8 семестр - 85,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Индивидуальный проект	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	8 семестр - 0,5 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гарбузюк В.С.
	Идентификатор	Rb3a753bb-GarbuziukVS-c35eb4b4

(подпись)

В.С. Гарбузюк

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Глушенков В.А.
	Идентификатор	R5e5809b4-GlushenkovVA-5aef358

(подпись)

В.А. Глушенков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Румянцев М.Ю.
	Идентификатор	R4b7b75d7-RumyantsevMY-eafe30f

(подпись)

М.Ю. Румянцев

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение основ движения электроподвижного состава и овладение методами расчёта характеристик тягового привода в разных режимах работы

Задачи дисциплины

- освоение теоретических положений тяги электроподвижного состава и методов расчёта характеристик тягового электропривода;
- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при проектировании систем тягового электропривода.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен понимать общие принципы построения и функционирования систем автоматического управления	ИД-1 _{ПК-2} Демонстрирует понимание принципов построения и функционирования систем автоматического управления	знать: - структуру электропривода для электрического транспорта и назначение элементов;. уметь: - рассчитывать электромеханические характеристики тягового электропривода; строить кривые движения ЭПС в разных режимах работы;.
ПК-6 Способен рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового электрооборудования	ИД-1 _{ПК-6} Демонстрирует знание ограничений допустимых режимов работы электроподвижного состава и способы их обеспечения	знать: - законы движения тела при действии многих сил;. уметь: - рассчитывать допустимые режимы работы и области устойчивости тягового привода.
ПК-6 Способен рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового электрооборудования	ИД-2 _{ПК-6} Демонстрирует способность производить расчет требуемых режимов работы тягового электрооборудования	знать: - характеристики тягового привода с различными типами электрических машин;. уметь: - строить тяговые характеристики ЭПС.
ПК-6 Способен рассчитывать и обеспечивать требуемые режимы работы тягового электрооборудования	ИД-3 _{ПК-6} Демонстрирует способность производить расчет элементов тягового электрооборудования	знать: - методы решения дифференциальных уравнений для механических систем;. уметь: - решать дифференциальные уравнения методом конечных элементов; представлять решение в графической форме;.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрический транспорт (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать методы решения дифференциальных уравнений для механических систем
- знать законы движения тела при действии многих сил
- знать структуру электропривода для электрического транспорта и назначение элементов
- знать характеристики тягового привода с различными типами электрических машин
- знать методы расчёта расхода энергии на движение ЭПС
- уметь решать дифференциальные уравнения методом конечных элементов, представлять решение в графической форме
- уметь представлять механическую систему в виде материальной точки
- уметь рассчитывать электромеханические характеристики тягового электропривода строить кривые движения ЭПС в разных режимах работы
- уметь рассчитывать допустимые режимы работы и области устойчивости тягового привода
- уметь схемотехнические решения для снижения расхода энергии в разных режимах работы ЭПС
- уметь построение тяговой характеристики

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Основное уравнение движения поезда	18.5	8	4	-	6	-	0.5	-	-	-	8	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1]Гл. 2, с. 43-48; [2]Гл. 1, с. 6-10 и 13-15; [3]Гл. 2, с. 48-58</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[3], 43-47 [4], 6-9 [5], 4-11</p>	
1.1	Общие положения о движении подвижного состава	18.5		4	-	6	-	0.5	-	-	-	8	-		
2	Реализация сил тяги и торможения	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-		<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1]Гл. 2, с. 48-58; [2]Гл. 2, с. 22-44</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[3], 48-57 [4], 162-176</p>
2.1	Образование силы тяги и тормозной силы поезда	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-		
3	Сопrotивление движению и характеристики тягового привода	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-		<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1]Гл. 2, с. 58-72; [2]Гл. 2, с. 42-55, гл. 5 с. 67-77 и с. 87-98;</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 13-17, 18-23 [2], 7-8, 17-21 [3], 58-64 [4], 42-55, 67-98 [5], 58-59</p>
3.1	Сопrotивление движению и характеристики тягового привода	18		6	-	4	-	-	-	-	-	8	-		
4	Регулирование скорости и силы тяги привода	24.5		8	-	8	-	0.5	-	-	-	8	-		<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> [1]Гл. 2, с. 65-72; [2]Гл. 5, с. 77-86;</p>

4.1	Регулирование скорости и силы тяги привода	24.5	8	-	8	-	0.5	-	-	-	8	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], 17-21 [3], 149-150
5	Системы пуска электроподвижного состава	31	4	-	6	-	1	-	-	-	20	-	<i><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></i> [1]Гл. 2, с. 73-89; [2]Гл. 6, с. 99-110; [3]Гл. 4, с. 99-123
5.1	Определение режима пуска ЭПС. Требования, предъявляемые к пуску	31	4	-	6	-	1	-	-	-	20	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 3-12 [5], 63-65
	Экзамен	34.0	-	-	-	-	-	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	28	-	28	-	2.0	-	-	0.5	52	33.5	
	Итого за семестр	144.0	28	-	28	2.0	-	-	-	0.5	85.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основное уравнение движения поезда

1.1. Общие положения о движении подвижного состава

Классификация режимов движения ЭПС. Основное уравнение движения поезда, его вывод и анализ. Коэффициент инерции вращающихся частей, понятие приведённой массы поезда. Основное уравнение движения в удельных единицах. Силы, действующие на поезд в разных режимах движения. Виды кривых движения поезда. Структура ЭПС, тяговый электропривод и его элементы.

2. Реализация сил тяги и торможения

2.1. Образование силы тяги и тормозной силы поезда

Понятие сцепной и полной силы тяжести поезда. Законы сцепления для отдельного колеса и всего поезда. Физические процессы образования силы сцепления. Коэффициент сцепления, его зависимость от различных факторов. Коэффициент сцепления для отдельного колеса и всего поезда. Мероприятия по повышению коэффициента сцепления. Коэффициент использования сцепного веса. Боксование и юз, опасность и меры предотвращения.

3. Сопротивление движению и характеристики тягового привода

3.1. Сопротивление движению и характеристики тягового привода

Сопротивление движению поезда. Полное и удельное сопротивление движению. Основное сопротивление и его составляющие. Сопротивление движению от уклонов и в криволинейных участках пути. Дополнительные виды сопротивления движению. Мероприятия по снижению сопротивления движению. Характеристики тягового режима. Электромеханические характеристики ТЭМ на валу и на ободу колеса. Их пересчет с вала ТЭМ на обод движущегося колеса. Нагрузочная характеристика ТЭМ и кривые потерь. Точный метод расчета электромеханических характеристик на ободу движущего колеса. Тяговая характеристика одного ТЭМ и всего локомотива. Понятие жесткости тяговой характеристики. Ограничения тяговой характеристики. Удельная тяговая характеристика. Сравнительный анализ электрической и механической устойчивости ТЭМ различных систем возбуждения. Распределение нагрузок между совместно работающими ТЭМ при их параллельном или последовательном соединении. Влияние жесткости характеристик и схемы соединения на процесс боксования.

4. Регулирование скорости и силы тяги привода

4.1. Регулирование скорости и силы тяги привода

Способы регулирования скорости ТЭМ постоянного тока. Регулирование напряжения на ТЭМ для ЭПС постоянного тока, с импульсным регулятором напряжения, ЭПС однофазно-постоянного (переменного) тока, автономного ЭПС. Характеристики ТЭМ постоянного тока последовательного возбуждения при изменении напряжения и их расчет. Особенности расчета характеристик ТЭМ постоянного тока смешанного возбуждения при изменении напряжения. Характеристики ТЭМ постоянного тока при включении сопротивления в цепь якоря и их расчет. Основные параметры, характеризующие изменение магнитного потока ТЭМ и способы его регулирования. Точный и приближенный методы расчета характеристик ТЭМ последовательного возбуждения при изменении магнитного потока. Особенности регулирования магнитного потока и характеристики ТЭМ постоянного тока смешанного возбуждения. Способы регулирования скорости и характеристики ТЭМ переменного тока. Импульсное регулирование напряжения ТЭМ и основные параметры регулятора. Широтное

и частотное регулирование напряжения. Фазовое регулирование напряжения на ЭПС однофазно-постоянного тока.

5. Системы пуска электроподвижного состава

5.1. Определение режима пуска ЭПС. Требования, предъявляемые к пуску

Плавный и ступенчатый реостатный пуск. Выбор расчетного значения пускового тока. Нанесение режима реостатного пуска и регулирования магнитного потока на электромеханические и тяговые характеристики. Построение кривой тока, потребляемого из тяговой сети. Безреостатный пуск ЭПС с импульсным регулятором напряжения, ЭПС однофазно-постоянного тока, автономного ЭПС. Энергетика реостатного и безреостатного пуска, коэффициент пуска.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет и построение кривой потребляемого тока. Построение пусковой диаграммы для всего поезда;
2. Построение тяговых характеристик и нанесение ограничений режимов работы;
3. Требования к выбору пускового тока его расчёт по коммутации и пределу по сцеплению. Построение пусковой диаграммы для одной ТЭМ;
4. Расчет и построение электромеханических характеристик при изменении напряжения и при регулировании магнитного потока;
5. Построение электромеханических характеристик на валу и на ободу колеса.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
Знать:							
структуру электропривода для электрического транспорта и назначение элементов;	ИД-1ПК-2	+					Контрольная работа/Структурные схемы ЭПС. Расчет и построение основного удельного сопротивления движению
законы движения тела при действии многих сил;	ИД-1ПК-6			+	+		Контрольная работа/Структурные схемы ЭПС. Расчет и построение основного удельного сопротивления движению
характеристики тягового привода с различными типами электрических машин;	ИД-2ПК-6		+				Контрольная работа/Расчет и определение пускового тока. Построение пусковой диаграммы ТЭД и ЭПС
методы решения дифференциальных уравнений для механических систем;	ИД-3ПК-6		+				Контрольная работа/Расчёт и построение характеристик тягового привода
Уметь:							
рассчитывать электромеханические характеристики тягового электропривода; строить кривые движения ЭПС в разных режимах работы;	ИД-1ПК-2					+	Индивидуальный проект/Защита расчетного задания
рассчитывать допустимые режимы работы и области устойчивости тягового привода	ИД-1ПК-6					+	Контрольная работа/Структурные схемы ЭПС. Расчет и построение основного удельного сопротивления движению
строить тяговые характеристики ЭПС	ИД-2ПК-6					+	Контрольная работа/Структурные схемы ЭПС. Расчет и построение основного удельного сопротивления движению
решать дифференциальные уравнения методом конечных элементов; представлять решение в графической форме;	ИД-3ПК-6	+					Контрольная работа/Расчет и определение пускового тока. Построение пусковой диаграммы ТЭД и ЭПС

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

8 семестр

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчет и определение пускового тока. Построение пусковой диаграммы ТЭД и ЭПС (Контрольная работа)
2. Структурные схемы ЭПС. Расчет и построение основного удельного сопротивления движению (Контрольная работа)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. Защита расчетного задания (Индивидуальный проект)
2. Расчёт и построение характеристик тягового привода (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №8)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Гарбузюк, В. С. Режимы движения и характеристики электрического подвижного состава : лабораторные работы № 1-3. Методическое пособие по курсу "Основы электрического транспорта" по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / В. С. Гарбузюк, В. А. Глушенков . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 36 с.

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=2835;

2. Байрыева, Л. С. Теория электрической тяги : Методическое пособие по курсу "Теория электрической тяги" (тяговые расчеты) по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / Л. С. Байрыева, А. В. Прокопович, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 40 с.

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7794;

3. Основы электрического транспорта : учебник для вузов по специальности "Электрический транспорт" направления "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / М. А. Слепцов, [и др.] ; общ. ред. М. А. Слепцов . – М. : Академия, 2006 . – 464 с. – (Высшее профессиональное образование) . - ISBN 5-7695-2279-8 .;

4. Розенфельд, В. Е. Теория электрической тяги : Учебник для вузов железнодорожного транспорта / В. Е. Розенфельд, И. П. Исаев, Н. Н. Сидоров . – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1983 . – 328 с.;

5. Доронина И. И.- "Теория электрической тяги", Издательство: "ДВГУПС", Хабаровск, 2019 - (81 с.)
<https://e.lanbook.com/book/179413>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Scilab;
3. KiCad;
4. AutoCAD/ T Flex CAD (версия для обучающихся и преподавателей).

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
9. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
10. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
11. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
12. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
13. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
14. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - [Http://proinfosoft.ru;](http://proinfosoft.ru;)
<http://docs.cntd.ru/>
15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
18. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
19. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
20. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>
21. Информиио - <https://www.informio.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего	Т-402, Учебная аудитория	стол, стул, трибуна, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, экран,

контроля		указка лазерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-402, Учебная аудитория	стол, стул, трибуна, вешалка для одежды, доска меловая, мультимедийный проектор, экран, указка лазерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-325, Учебная лаборатория "Основы электрической тяги"	стол, стул, вешалка для одежды, доска меловая, стенд учебный
Помещения для самостоятельной работы	Т-124а, Кабинет сотрудников	стул, шкаф для документов, стол письменный
Помещения для консультирования	Т-324, Кабинет сотрудников	стеллаж для хранения книг, стол преподавателя, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-120, Кабинет сотрудников	стол, стул, шкаф

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории движения электрического транспорта

(название дисциплины)

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Структурные схемы ЭПС. Расчет и построение основного удельного сопротивления движению (Контрольная работа)
- КМ-2 Расчёт и построение характеристик тягового привода (Контрольная работа)
- КМ-3 Расчет и определение пускового тока. Построение пусковой диаграммы ТЭД и ЭПС (Контрольная работа)
- КМ-4 Защита расчетного задания (Индивидуальный проект)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	3	7	12	14
1	Основное уравнение движения поезда					
1.1	Общие положения о движении подвижного состава		+		+	
2	Реализация сил тяги и торможения					
2.1	Образование силы тяги и тормозной силы поезда			+	+	
3	Сопротивление движению и характеристики тягового привода					
3.1	Сопротивление движению и характеристики тягового привода		+			
4	Регулирование скорости и силы тяги привода					
4.1	Регулирование скорости и силы тяги привода		+			
5	Системы пуска электроподвижного состава					
5.1	Определение режима пуска ЭПС. Требования, предъявляемые к пуску		+			+
Вес КМ, %:			20	20	35	25