Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 29.05.2025 17:12:43
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b

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

Передовая инженерная школа электротранспорта

УТВЕРЖДАЮ
Директор
_____ /П.Итурралде/
«27» февраля 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Виртуальные испытания электромобилей в программных комплексах

Направление подготовки
23.04.02 Наземные транспортно-технологические комплексы

Профиль
Электрифицированные транспортные средства

Квалификация
магистр

Формы обучения
очная

Москва, 2025 г.

Разработчик(и):

Преподаватель  / Р.О. Максимов /

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 5
   - 3.3. Содержание дисциплины 8
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 12
   - 3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 15
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 15
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы 15
   - 4.2. Основная литература 16
   - 4.3. Дополнительная литература 16
   - 4.4. Электронные образовательные ресурсы 17
   - 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 17
   - 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 17
5. Материально-техническое обеспечение 17
6. Методические рекомендации 17
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 17
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 18
7. Фонд оценочных средств 19
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 19
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения 20
   - 7.3. Оценочные средства 20

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

К **основным целям** освоения дисциплины «Виртуальные испытания электромобилей в программных комплексах» следует отнести:

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

— формирование у обучающихся знаний о современных принципах, методах и средствах анализа и прогнозирования эксплуатационных свойств наземных электрических транспортных средств;

— 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 «Виртуальные испытания электромобилей в программных комплексах» следует отнести:

— формирование представления о комплексе эксплуатационных свойств, определяющих особенности поведения электрифицированных наземных транспортных средств, их систем узлов и агрегатов;

— освоение общих принципов и особенностей моделирования динамики электромобилей с целью обеспечения возможностей анализа их эксплуатационных свойств;

— формирование навыков получения на базе изученных методик конкретных данных об эксплуатационных свойствах электрифицированных транспортных средств, их систем, агрегатов и влияние на них различных конструктивных и внешних факторов.

Обучение по дисциплине «Виртуальные испытания электромобилей в программных комплексах» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1. Способность проводить исследовательское и конструкторское сопровождение производства и испытаний электрифицированных транспортных средств и их компонентов	ИПК-1.1. Знает особенности моделирования и конструкций электрифицированных транспортных средств и их компонентов; ИПК-1.2. Умеет планировать виртуальные испытания конструкций электрифицированных транспортных средств и их компонентов;

	ИПК-1.3. Владеет практическими навыками моделирования и проведения виртуальных испытаний конструкций электрифицированных транспортных средств и компонентов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина «Виртуальные испытания электромобилей в программных комплексах» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Конструкция электромобилей.
- Методы расчетов и проектирования электромобилей.
- Математическое моделирование рабочих процессов автомобиля.
- Цифровые технологии в автомобилестроении.
- Основы разработки и тестирования алгоритмов управления электрических транспортных средств.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр
			3
1	**Аудиторные занятия**	**54**	54
	В том числе:		
1.1	Лекции		18
1.2	Семинарские/практические занятия		
1.3	Лабораторные занятия		36
2	**Самостоятельная работа**	**126**	54
3	**Промежуточная аттестация**		
	Экзамен	**Экзамен**	
	Итого	**180**	

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/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Раздел 1. Основные подходы и принципы имитационного моделирования динамики объектов. Разработка динамических моделей объектов с помощью средств и библиотек в программных комплексах по расчету динамики связных систем						
1.1	Тема 1. Введение в моделирование	6	1		2		10
1.2	Тема 2. Основы и принципы работы в программных комплексах по расчету динамики связных систем. Изучение и освоение интерфейса программного комплекса	6	1		2		10
1.3	Тема 3. Изучение и освоение простейших средств сигналов управления в 1-D моделировании. Изучение и освоение библиотеки сигналов управления в программном комплексе	6	1		2		10
1.4	Тема 4. Изучение и освоение средств для одномерного 1-D моделирования динамических систем. Изучение и освоение библиотеки сигналов одномерной механики в программном комплексе	6	1		2		10
1.5	Тема 5. Изучение и освоение средств для пространственного 3-D моделирования динамических систем. Изучение и освоение библиотек сигналов пространственной динамики в программном комплексе	6	1		2		10
2	Раздел 2. Разработка динамических моделей электрифицированных транспортных средств и их компонентов в пространственной постановке в программных						10

	комплексах по расчету динамики связных систем						
2.1	Тема 1. Разработка виртуальных полигонов опорных оснований различных типов. Моделирование неровностей опорных оснований различных категорий неровностей дорог	6	1		2		10
2.2	Тема 2. Разработка динамических систем моделей транспортных средств в пространственной постановке. Организация систем координат, взаимного расположения компонентов динамической модели и связей между ними	10	1		4		10
2.3	Тема 3. Разработка динамической модели взаимодействия колеса с податливой шиной электрифицированного транспортного средства с виртуальными полигонами опорных оснований различных типов	6	1		2		10
2.4	Тема 4. Разработка динамических моделей систем подрессоривания электрифицированных транспортных средств и их компонентов	10	1		4		10
2.5	Тема 5. Разработка динамических моделей систем силовой установки электрифицированных транспортных средств	10	1		4		10
2.6	Тема 6. Разработка динамических моделей систем рулевого управления и тормозных систем электрифицированных транспортных средств	6	1		2		10
2.7	Тема 7. Процедуры верификации и проверки адекватности работы разрабатываемых моделей динамики электрифицированных транспортных средств	6	1		2		10
3	Раздел 3. Использование динамических моделей и их компонентов, разработанных в программных комплексах по расчету динамики связных систем, в процессах конструкторского проектирования						10
3.1	Тема 1. Процедуры проведения виртуальных испытаний электрифицированных транспортных средств в программных комплексах	12	3		3		10

	по расчету динамики связных систем для оценки поведения и анализа эксплуатационных свойств транспортных средств						
3.2	Тема 2. Процедуры проведения виртуальных испытаний электрифицированных транспортных средств в программных комплексах по расчету динамики связных систем для оценки и анализа изменений кинематических и динамических параметров транспортного средства в процессах его движения, а также получения силовых параметров в компонентах транспортного средства для возможностей дальнейшего проведения расчетов на прочность и долговечность деталей узлов и агрегатов электрифицированных транспортных средств	12	3		3		10
	Итого	**108**	**18**	**-**	**36**	**-**	**126**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные подходы и принципы имитационного моделирования динамики объектов. Разработка динамических моделей объектов с помощью средств и библиотек в программных комплексах по расчету динамики связных систем

Тема 1. Введение в моделирование

Понятие моделирования динамики в программных комплексах по расчету динамики связных систем. Основные термины. Методы моделирования. Подходы к моделированию. Характеристики динамических моделей объектов.

Тема 2. Основы и принципы работы в программных комплексах по расчету динамики связных систем. Изучение и освоение интерфейса программного комплекса

Основы и принципы работы в программных комплексах по расчету динамики связных систем для моделирования динамики транспортных средств.

Тема 3. Изучение и освоение простейших средств сигналов управления в 1-D моделировании. Изучение и освоение библиотеки сигналов управления в программном комплексе

Изучение простейших средств для формирования сигналов управления в 1-D моделировании.

Тема 4. Изучение и освоение средств для одномерного 1-D моделирования динамических систем. Изучение и освоение библиотеки сигналов одномерной механики в программном комплексе

Изучение средств для одномерного 1-D моделирования динамических систем.

Тема 5. Изучение и освоение средств для пространственного 3-D моделирования динамических систем. Изучение и освоение библиотек сигналов пространственной динамики в программном комплексе

Изучение средств для пространственного 3-D моделирования динамических систем.

Раздел 2. Разработка динамических моделей электрифицированных транспортных средств и их компонентов в пространственной постановке в программных комплексах по расчету динамики связных систем

Тема 1. Разработка виртуальных полигонов опорных оснований различных типов. Моделирование неровностей опорных оснований различных категорий неровностей дорог

Моделирование неровностей пути по статистическим характеристикам. Моделирование виртуальных полигонов дорог. Неподвижная система координат опорного основания дороги.

Тема 2. Разработка динамических систем моделей транспортных средств в пространственной постановке. Организация систем координат, взаимного расположения компонентов динамической модели и связей между ними

Математическая модель пространственного движения транспортного средства. Требования к математической модели, процесс разработки модели и проведения моделирования, основные допущения. Структурная схема транспортного средства. Системы координат, используемые при моделировании. Формирование блоков компонентов транспортного средства. Определение взаимной ориентации подвижных и неподвижной систем координат. Кинематические параметры и принципы формирования связей в модели движения транспортного средства.

Тема 3. Разработка динамической модели взаимодействия колеса с податливой шиной электрифицированного транспортного средства с виртуальными полигонами опорных оснований различных типов

Математическая модель взаимодействия эластичной шины с недеформируемым опорным основанием. Моделирование коэффициента сопротивления движению и коэффициента взаимодействия колеса с опорной поверхностью.

Тема 4. Разработка динамических моделей систем подрессоривания электрифицированных транспортных средств и их компонентов

Математические модели направляющего аппарата систем подрессоривания, моделирование их в пространственной постановке, организация систем координат и связей для взаимодействия с компонентами транспортного средства для моделирования работы резинометаллических шарниров и иных упругих втулок. Математические модели упругих элементов подвесок. Модели листовых рессор, пружин, пневморессор и т.п. Математические модели амортизаторов подвесок. Математические модели стабилизаторов поперечной устойчивости.

Тема 5. Разработка динамических моделей систем силовой установки электрифицированных транспортных средств

Основные параметры и зависимости для моделирования динамики электродвигателя транспортного средства. Математические модели сцеплений, коробок передач, раздаточных коробок, главных передач, колесных редукторов с входящими в их состав компонентами. Математические модели зубчатых зацеплений разных типов, пар трения, планетарных механизмов и т.п.

Тема 6. Разработка динамических моделей систем рулевого управления и тормозных систем электрифицированных транспортных средств

Математические модели рулевого управления в пространственной постановке, организация систем координат и связей для взаимодействия с компонентами транспортного средства. Математическая модель тормозной системы транспортного средства и организация ее взаимодействия с

компонентами транспортного средства. Модель систем антиблокировочной и противобуксовочной.

Тема 7. Процедуры верификации и проверки адекватности работы разрабатываемых моделей динамики электрифицированных транспортных средств

Основы процедур проведения верификации и проверок адекватности функционирования разработанных моделей транспортных средств и их компонентов. Перечень режимов виртуальных испытаний моделей, необходимый для проверки адекватности разработанных моделей электрифицированных транспортных средств и их компонентов.

Раздел 3. Использование динамических моделей и их компонентов, разработанных в программных комплексах по расчету динамики связных систем, в процессах конструкторского проектирования

Тема 1. Процедуры проведения виртуальных испытаний электрифицированных транспортных средств в программных комплексах по расчету динамики связных систем для оценки поведения и анализа эксплуатационных свойств транспортных средств

Изучение принципов и методов оценки эксплуатационных свойств электрифицированных транспортных средств таких как: устойчивость, управляемость, плавность хода, тяговая и тормозная динамика.

Тема 2. Процедуры проведения виртуальных испытаний электрифицированных транспортных средств в программных комплексах по расчету динамики связных систем для оценки и анализа изменений кинематических и динамических параметров транспортного средства в процессах его движения, а также получения силовых параметров в компонентах транспортного средства для возможностей дальнейшего проведения расчетов на прочность и долговечность деталей узлов и агрегатов электрифицированных транспортных средств

Изучение принципов и методов оценки кинематически и силовых параметров компонентов транспортных средств и их изменений в процессах движения транспортного средства. Анализ, обработка и подготовка результатов моделирования динамики транспортного средства для дальнейшего проведения

расчетов на прочность и долговечность деталей узлов и агрегатов транспортного средства.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

3.4.2. Лабораторные занятия

Тема 1.1. Введение в моделирование

Свойства методов численного моделирования. Выбор между явными и неявными методами в процедурах моделирования систем транспортных средств. Процедуры численного моделирования с автоматическим выбором шага. Понятие «жесткости» моделируемой системы. Особенности моделирования с решением дифференциальных уравнений в среде по расчету динамики связных систем.

Тема 1.2. Основы и принципы работы в средах по расчету динамики связных систем. Изучение и освоение интерфейса программного комплекса

Основы и принципы работы в программном комплексе. Изучение и освоение интерфейса.

Тема 1.3. Изучение и освоение простейших средств сигналов управления в 1-D моделировании. Изучение и освоение библиотеки сигналов управления в программном комплексе

Освоение библиотеки сигналов управления «Signal, Control» в программном комплексе.

Тема 1.4. Изучение и освоение средств для одномерного 1-D моделирования динамических систем. Изучение и освоение библиотеки сигналов одномерной механики в программном комплексе

Освоение библиотеки сигналов одномерной механики «1-D Mechanical» в программном комплексе.

Тема 1.5. Изучение и освоение средств для пространственного 3-D моделирования динамических систем. Изучение и освоение библиотек сигналов пространственной динамики в программном комплексе

Освоение библиотек сигналов пространственной динамики «3-D Mechanical», «Powertrain», «Vehicle dynamics» в программном комплексе.

Тема 2.1. Разработка виртуальных полигонов опорных оснований различных типов. Моделирование неровностей опорных оснований различных категорий неровностей дорог

Разработка генератора двумерного случайного процесса дорожных неровностей с учетом возможностей для создания 3D-поля неровностей. Получение реализаций неровностей асфальтового шоссе высокого качества, асфальто-бетонной дороги, грунтовых дорог различного состояния, условий бездорожья. Построение виртуальных полигонов неровностей и других типов условий дорожных оснований в программном комплексе.

Тема 2.2. Разработка динамических систем моделей транспортных средств в пространственной постановке. Организация систем координат, взаимного расположения компонентов динамической модели и связей между ними

Разработка динамической модели пространственного движения транспортного средства при различных виртуальных полигонах опорных оснований в среде по расчету динамики связных систем. Определение выходных кинематических и динамических параметров движения модели транспортного средства.

Тема 2.3. Разработка динамической модели взаимодействия колеса с податливой шиной транспортного средства с виртуальными полигонами опорных оснований различных типов

Разработка модели взаимодействия податливой шины транспортного средства с опорными поверхностями различных виртуальных полигонов опорных оснований в среде по расчету динамики связных систем. Разработка динамической модели колеса и формирование связей его взаимодействия с компонентами транспортного средства.

Тема 2.4. Разработка динамических моделей систем подрессоривания транспортных средств и их компонентов

Разработка динамических моделей направляющего аппарата подвески в пространственной постановке в среде по расчету динамики связных систем, присоединение к ним динамических моделей упругих элементов подвесок: листовых рессор, пружин, пневморессор и т.; динамических моделей амортизаторов и динамических моделей стабилизаторов поперечной устойчивости.

Тема 2.5. Разработка динамических моделей систем двигателя и трансмиссии транспортных средств

Применение блоков двигателя и его системы управления для моделирования динамики двигателя транспортного средства в среде по расчету динамики связных систем Simcenter AMESim. Разработка динамических моделей сцеплений, коробок передач, раздаточных коробок, главных передач, колесных редукторов с входящими в их состав компонентами в среде по расчету динамики связных систем. Освоение моделей зубчатых зацеплений разных типов, пар трения, планетарных механизмов и т.п. в среде по расчету динамики связных систем.

Тема 2.6. Разработка динамических моделей систем рулевого управления и тормозных систем транспортных средств

Разработка динамических моделей рулевого управления в пространственной постановке в среде по расчету динамики связных систем. Разработка модели тормозной системы транспортного средства и организация ее взаимодействия с компонентами транспортного средства, а также интеграция с ней моделей антиблокировочной и противобуксовочной систем в среде по расчету динамики связных систем.

Тема 2.7. Процедуры верификации и проверки адекватности работы разрабатываемых моделей динамики транспортных средств

Проведение процедур верификации и проверок адекватности функционирования разработанных моделей транспортных средств и их компонентов в среде по расчету динамики связных систем.

Тема 3.1. Процедуры проведения виртуальных испытаний транспортных средств в средах по расчету динамики связных систем для оценки поведения и анализа эксплуатационных свойств транспортных средств

Проведение виртуальных испытаний транспортных средств для оценки их эксплуатационных свойств устойчивости, управляемости, плавности хода, тяговой и тормозной динамики в режимах движения: разгон, торможение, рывок руля, поворот R35, переставка, равномерное прямолинейное движение с поддержанием постоянной скорости в среде по расчету динамики связных систем.

Тема 3.2. Процедуры проведения виртуальных испытаний транспортных средств в средах по расчету динамики связных систем для оценки и анализа изменений кинематических и динамических параметров транспортного средства в процессах его движения, а также получения силовых параметров в компонентах транспортного средства для возможностей дальнейшего проведения расчетов на прочность и долговечность деталей узлов и агрегатов транспортных средств

Проведение виртуальных испытаний транспортных средств для оценки их кинематических и силовых параметров компонентов в различных режимах движения в среде по расчету динамики связных систем.

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

1. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2010.

2. ГОСТ 22576-90 Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний. – М.: Издательство стандартов, 1991.

3. ГОСТ 41.13-2007 Единообразные предписания, касающиеся транспортных средств категорий M, N и O в отношении торможения. – М.: Стандартинформ, 2009.

4. ГОСТ Р 52302-2006 Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005.

5. ГОСТ 31507-2012 Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2013.

4.2 Основная литература

1. Моделирование систем транспортных средств: курс лекций / М.М. Жилейкин, Г.О. Котиев, Е.Б. Сарач. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016.

2. Жилейкин М.М. Моделирование систем транспортных средств: учебник. / М.М. Жилейкин, Г.О. Котиев. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. – 239 с. ISBN: 978-5-7038-5351-1

4.3 Дополнительная литература

1. Проектирование полноприводных колесных машин: В 3 т. Т1-Т3. Учеб. Для ВУЗов/ Б.А. Афанасьев, Б.Н. Белоусов, Г.И. Гладов и др.; под общ. ред. А.А. Полунгяна. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008.

2. Моделирование систем колесных машин: учебное пособие / Б.А. Афанасьев. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 30 с., ил.

3.Теория движения полноприводных колесных машин: учебник / В.В. Ларин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 391, с : ил.

4. Пархиловский И.Г. Автомобильные листовые рессоры. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с., ил.

5. Ловцов Ю.И., Маслов В.К., Харитонов С.А. Имитационное моделирование движения гусеничных машин. – М.: МВТУ, 1989. – 60 с.

6. Савочкин В.А., Дмитриев А.А. Статистическая динамика транспортных и тяговых гусеничных машин – М.: Машиностроение, 1993. – 320с.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

1. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» www.biblioclub.ru
2. ЭБС «BOOK.ru» https://www.book.ru
3. ЭБС «ZNANIUM.COM» www.znanium.com

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Office / Российский пакет офисных программ
2. Simcenter AMESim

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. 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 обучения 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 электрифицированных транспортных средств, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины. Самостоятельная работа студентов направлена на изучение теоретического материала, подготовку к лекционным, лабораторным (практическим) занятиям; 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 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 методы контроля и оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

– подготовка к лабораторным занятиям;

– подготовка к рубежным контролям текущего уровня освоения материала дисциплины;

– проведение лекций и лабораторных занятий в диалоговом режиме, позволяющем осуществлять непрерывный контроль восприятия студентами восприятия текущего материала.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы к рубежным контролям. На основании полученных преподавателем ответов студентов по вопросам билета рубежного контроля или любых иных, связанных с темами из текущего раздела дисциплины, определяется итоговая оценка работы студента по текущему контролю.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Рубежные контроли по каждому из разделов дисциплины

7.3.2. Промежуточная аттестация

Экзамен

№ п.п.	Вопрос	Эталонный ответ
1.	Понятие виртуального испытания. Основная цель виртуальных испытаний в технике.	Под виртуальным испытанием понимается процесс, состоящий в выявлении основных свойств исследуемого объекта (в т.ч. технического), построении моделей и их применении для прогнозирования поведения данного исследуемого объекта. Цель – позволяет заменить или значительно сократить этапы отладки и натурных испытаний.

		Роль виртуальных испытаний особенно важна, когда натурные испытания дороги / опасны.
2.	Что является объектом исследования в процессе виртуального испытания? В чем смысл метода исследования данного объекта с помощью виртуального испытания?	Объект исследования – динамические системы, т.е. системы, состояние которых изменяется во времени и которые описываются системами дифференциальных уравнений. Метод – исследование динамической системы сводится к решению системы дифференциальных уравнений, т.е. к определению всех выходных функций при различных входных воздействиях.
3.	Классификация типов моделирования и местонахождение в ней процессов виртуальных испытаний. В чем разница в понятиях виртуального испытания и имитационного моделирования в широком смысле?	Моделирование бывает двух типов: физическое и математическое (позволяет производить варьирование параметров исследуемой системы). Математическое моделирование делится на: электрическое, структурное и имитационное. Имитационное моделирование в широком смысле включает в себя весь процесс разработки и создания логико-математической и электронной модели исследуемого объекта, настройки модели и проведения с ее помощью экспериментов на ЭВМ для получения данных о функционировании объекта. Понятие виртуального испытания включает только процессы настройки готовой модели под конкретные условия исследования и моделирования виртуального эксперимента во времени для получения данных о функционировании объекта в данном конкретном режиме испытания.
4.	Имитационное моделирование в широком смысле. Обязательные этапы имитационного моделирования в	Имитационное моделирование в широком смысле включает процесс создания логико-математической модели, описывающей структуру и поведение исследуемого объекта и принимающей форму электронной модели, а также проведение виртуальных экспериментов с помощью данной

	любом программном комплексе.	электронной модели на ЭВМ для получения данных о функционировании систем объекта исследования в течение определенных интервалов времени. Обязательные этапы имитационного моделирования: 1) разработка структурной схемы модели; 2) формирование в каждом структурном элементе модели внутренних зависимостей и определение входных и выходных данных; 3) задание параметров модели и их значений; 4) проведение моделирования (симуляции) и анализ результатов.
5.	Характеристики модели объекта исследования при проведении виртуальных испытаний. Когда модель считается адекватной?	Адекватность; экономичность; универсальность; устойчивость; чувствительность. Модель считается адекватной, если отражает исследуемые свойства объекта на качественном уровне и количественном с приемлемой точностью, где под точностью понимается количественный показатель, характеризующий степень различия результатов моделирования и исследуемого явления в натурном объекте.
6.	Для каких целей необходима библиотека безразмерных сигналов управления? Какие типы сигналов присутствуют в данной библиотеке? (привести не менее 5 групп).	Библиотека безразмерных сигналов позволяет организовать в любой модели источник (генератор) любого сигнала(ов), проводить любую уникальную обработку сигнала(ов) в соответствие с целью и задачами виртуального испытания и организовать вывод результата виртуального испытания в требуемом виде. Источники/заглушки; математические операторы; маршрутизаторы; векторные и матричные операторы; интегральные и дифференциальные операторы; блоки управления сигналами; фильтры; таблицы и функции; обработка разрывностей; логические операторы.
7.	Привести примеры источников (блоков) создания (генерирования) сигналов с	Константа; дискретный волновой сигнал; ступенчатое воздействие; наклонная прямая; кусочно-заданная функция; динамическая таблица; синусоидальный сигнал; гармонический сигнал; случайный процесс и т.д.

	описанием их внутренних параметров и физической сущности (не менее 5 примеров).	
8.	Привести примеры математических (в широком смысле) операторов с описанием их внутренних параметров и физической сущности (не менее 5 примеров)	Усилитель; сумматор; оператор вычитания; мультипликатор; делитель; интегратор; дифференциатор; функция; динамическая таблица; оператор сравнения; логические оператор и т.д.
9.	Для каких целей необходимо моделирование одномерной динамики? Какие типы сигналов присутствуют в библиотеке одномерной динамики? (привести не менее 5 примеров сигналов разных по своей сущности)	Моделирование одномерных сигналов позволяет проводить виртуальные испытания простейших систем и механизмов, совершающих поступательное, вращательное или плоское движение. Кроме того, позволяет организовывать формирование силовых связей между телами (точками). Заглушки, датчики, массы (тела инерции), пружины, демпферы, ограничители ходов, модели трения, рычаги и т.д.
10.	На какие два типа глобально можно разделить моделирование одномерной динамики? Какие компоненты необходимо задавать	Моделирование одномерной динамики глобально делится на моделирование поступательных движений и вращательных движений. Для формирования податливости необходимо задавать упругий и демпфирующие связи (в отдельных случаях трение).

	в моделях одномерной динамики для формирования податливости (податливых связей) в моделируемой системе?	
11.	Почему виртуальные испытания электромобилей и их компонентов необходимо проводить в пространственной 3D-постановке? Каким способом формируется взаимодействие компонентов в пространственных динамических моделях (в т.ч. в моделях электромобилей) и по каким законам организовывается физика комплексной динамической модели, как единой целостной системы?	Виртуальные испытания электромобилей требуется проводить в пространственной 3D-постановке из-за необходимости учета комплексного взаимодействия систем и компонентов моделей электромобилей между собой (чем больше сокращается количество моделей взаимодействий и увеличивается количество упрощающих допущений, тем хуже точность результатов виртуальных испытаний и их физическая натурная реализуемость и интерпретация) и учета связности динамики компонентов модели между направлениями пространства (линейными и угловыми). Взаимодействие между компонентами в моделях формируется между телами (твердыми или податливыми) в конкретных заданных точках, принадлежащих соответствующим телам, и по законам, заложенным в модели формирования кинематических и силовых связей между указанными точками соответственно. Физика комплексных динамических моделей и их целостность основывается на законах Ньютона.
12.	Процесс формирования пространственной динамической имитационной модели в программном	Процесс начинается с задания систем координат: неподвижной (при моделировании динамики электромобиля, как правило, системы координат дороги) и подвижных. Количество подвижных систем координат определяется количеством тел, заданных и формирующих динамическую модель для проведения виртуальных испытаний. Для

	комплексе (системы координат, тела, точки взаимодействия, кинематические и силовые связи)	каждого тела в его подвижной системе координат задаются координаты точек, в которых будут формироваться силовые и кинематические связи взаимодействия с другими телами и компонентами разрабатываемой модели. Между точками, принадлежащими различным телам модели, необходимо формировать соответствующие силовые и кинематические связи, аналогичные тем, что возникают в натурном объекте, модель которого разрабатывается для проведения виртуальных испытания (физика процессов в формировании связей должны быть аналогичной действительной).
13.	Понятие виртуального испытательного полигона (в т.ч. виртуального полигона неровностей). Привести примеры дорожных виртуальных полигонов (не менее 5 примеров).	Виртуальный испытательный полигон – неподвижная поверхность в пространстве моделирования, привязанная к начальной неподвижной системе координат имитационной модели, описанная функциональной зависимостью значений вертикальных координат точек поверхности от координат продольного и поперечного направления пространства проектирования имитационной модели. Виртуальный полигон неровностей – это виртуальный полигон, поверхность которого максимально приближена к неровной поверхности действительной дороги заданной категории неровностей. Примеры: полигон неровностей заданной категории; полигон типа подъем / спуск; полигон типа выпуклая неровность («лежачий полицейский») / впадина; полигон типа бордюр; полигон типа косогор.
14.	Каким образом формируется реализация неровности дорожной поверхности? Корреляционная	Реализация неровностей дорожной поверхности представляет собой зависимость значений высот неровностей опорной поверхности дороги от линейной координаты определенного направления пространства, т.е. q(l). Сформировать реализацию неровности можно с помощью генератора, представляющего собой

	функция неровностей опорной поверхности. Классификация неровностей дорог по категориям.	математическую процедуру обработки сигнала случайного процесса типа «белый шум» в соответствие с аппроксимацией корреляционной функции случайного профиля опорной поверхности. Аппроксимация корреляционной функции неровностей опорной поверхности дороги: $R(l) = D_q \cdot e^{-\alpha\tau \cdot \|l\|} \cdot \cos(\beta_\tau \cdot l)$. Классификация неровностей дорог: 1-я категория – автомагистраль; 2-я категория – асфальто-бетонное шоссе; 3-я категория – грунтовая дорога хорошего качества; 4-я категория – разбитая грунтовая дорога; 5-я категория – бездорожье.
15.	В какой системе координат задается виртуальный полигон (виртуальное опорное основания дороги)? Принцип формирования виртуального 3D-полигона неровностей.	В неподвижной системе координат. Для получения 3D-поля неровностей требуется создать i = 1…n различных реализаций неровностей Z(X) с одинаковыми коэффициентами аппроксимации корреляционной функции микропрофиля дорожной поверхности заданного типа. В заданной неподвижной системе координат переменные $z_i(x)$, задающие зависимости вертикальных координат Z точек 3D-поля от продольных координат X являются n реализациями q(l). При расположении n реализаций $z_i(x)$ на некотором расстоянии y_i друг от друга в направлении поперечной координаты Y неподвижной системы координат, а затем соединении каждой точки $z_i(x)$ текущей реализации с поперечной координатой y_i с каждой из точек $z_{i-1}(x)$ и $z_{i+1}(x)$ соседних реализаций с поперечными координатами y_{i-1} и y_{i+1} соответственно при помощи линейной интерполяции, получается 3D-поле неровностей случайного профиля заданного типа $z_i = f(x; y_i)$ в неподвижной системе координат. Случайность профиля в поперечном направлении 3D-поля неровностей обеспечивается несовпадением значений высот $z_{i-1}(x)$, $z_i(x)$ и $z_{i+1}(x)$ соседних реализаций на одном уровне продольной

		координаты x и соединением этих точек в пространстве методом линейной интерполяции.
16.	Принцип построения пространственных динамических моделей электрических транспортных средств и последовательность действий при их создании в программных комплексах по расчету динамики связных систем.	Построение динамической модели пространственного движения электрического транспортного средства должен начинаться с предъявления требований к модели и формулировки основных допущений. Процесс разработки динамической модели для проведения виртуальных испытаний в программном комплексе должен начинаться с создания структурной схемы модели. Далее создаются системы координат, используемые при моделировании. После должно идти формирование блоков компонентов модели транспортного средства и определение взаимной ориентации их подвижных и неподвижной систем координат. Наиболее трудоемким и ответственным является финальный этап задания кинематических параметров модели и принципов и характеристик формирования связей в модели движения электрического транспортного средства.
17.	Динамическая модель колеса с податливой шиной, взаимодействующей с опорной поверхностью виртуального полигона. Особенности формирования нормальной упруго-демпфирующей силы колеса, продольной и боковой сил в пятне контакта шины с опорной поверхностью.	Динамическая модель колеса транспортного средства – модель формирования связи взаимодействия между двумя точками в модели транспортного средства: точкой, расположенной одновременно в плоскости вращения и на оси собственного вращения колеса и принадлежащей телу оси транспортного средства и точкой центра пятна контакта шины с опорной поверхностью дороги. В вертикальном направлении, а точнее нормально к опорной поверхности дорожного основания, формируется упругодемпфирующая сила, зависящая от текущего прогиба шин и скорости прогиба шины. При моделировании необходимо учитывать возможность отрыва шины колеса от опорной поверхности дороги. В продольном и боковом направлениях формируется сила, вектор направления которой противонаправлен скорости скольжения колеса, а

		величина равна произведению нормальной реакции на действующий коэффициент сцепления шины с опорной поверхностью.
18.	Перечень компонентов, входящих в состав системы подрессоривания транспортного средства. Принципы пространственного моделирования динамики каждого из них в программном комплексе.	В состав системы подрессоривания входят: направляющий аппарат; упругий элемент и демпфирующий элемент. Также в ее состав может входить стабилизатор поперечной устойчивости. Направляющий аппарат – рычаги, тяги и т.п. моделируются посредством создания твердого тела, задания на нем точек его крепления к другим телам (компонентам транспортного средства), аналогично тому, как это реализовано в натурном электромобиле, и созданию в этих точках крепления силовых связей, моделирующих силовые факторы, возникающие в резинометаллических шарнирах и упругих втулках подвески электромобиля. Упругий элемент моделируется посредством формирования силовой связи, аналогичной упругой нагрузочной характеристике натурного устройства, между двумя точками, принадлежащими несущей системе электромобиля и телу, образующему неподрессоренную массу электромобиля соответственно. Изменение расстояния между этими двумя точками есть изменение хода упругого элемента. Демпфирующий элемент моделируется посредством формирования силовой связи, аналогичной демпфирующей характеристике натурного устройства амортизатора, между двумя точками, принадлежащими несущей системе электромобиля и телу, образующему неподрессоренную массу электромобиля соответственно. Изменение скорости изменения расстояния между этими двумя точками есть изменение скорости изменения хода демпфирующего элемента.

		Стабилизатор поперечной устойчивости моделируется двумя телами между которыми задается крутильная и изгибная жесткость.
19.	Особенности моделирования динамики упругих элементов системы подрессоривания (листовых рессор; спиральных пружин; пневматических рессор) и демпфирующих элементов (амортизаторов). Нагрузочные характеристики каждого из устройств.	Листовая рессора имеет как минимум 3 точки крепления к конструкции электромобиля – к несущей системе и к неподрессоренной массе соответственно, поэтому целесообразно моделировать рессору телом, взаимодействующим с вышеуказанными элементами электромобиля. Нагрузочная характеристика листовой рессоры, как правило, линейна, то есть известно численное значение её жесткости. Если рессора имеет более одного листа в своем пакете, то необходимо внедрять в модель рессоры модель межлистового трения, что создаст петлю гистерезиса на нагрузочной характеристике листовой рессоры. Спиральная пружина с постоянным шагом имеет линейную нагрузочную характеристику, то есть известно численное значение её жесткости. Пружину целесообразно моделировать как силовую связь между двумя точками, принадлежащими несущей системе и неподрессоренной массе электромобиля соответственно. Пневматическую рессору целесообразно моделировать так же, в виде силовой связи между двумя точками, но нагрузочная характеристика пневматической рессоры нелинейная и прогрессивная. Пневморессора работает по закону политропы. Статическая сила в пневморессоре зависит от подаваемого в пневморессору статического давления воздуха. Амортизатор целесообразно моделировать так же, в виде силовой связи между двумя точками. Нагрузочная характеристика амортизатора в действительности нелинейна и несимметрична для ходов сжатия и отбоя соответственно. Нагрузочная характеристика амортизатора имеет два участка: дроссельный и клапанный. На дроссельном режиме

		происходит быстрое нарастание силы сопротивления амортизатора при увеличении скорости его хода, а на клапанном медленное нарастание силы при высоких скоростях хода.
20.	Что входит в состав силовой установки транспортного средства? Какие компоненты могут входить ее состав? Особенности моделирования динамики агрегатов силовой установки транспортного средства.	В состав силовой установки входят глобально: двигатель (источник энергии на борту транспортного средства) и трансмиссия (передатчик энергии от источника к исполнительному органу – ведущему колесу). В состав трансмиссии могут входить: сцепление, коробка передач, раздаточная коробка, карданный вал, главная передача, колесный редуктор. Особенностью моделирования динамики силовой установки является то, что данная система имеет одну вращательную степень свободы. При необходимости получения нагрузок в пространстве, возникающих при работе данных агрегатов в процессе движения электромобиля, необходимо моделировать их виде тел, соответствующим образом установленных на несущей системе транспортного средства.
21.	Что входит в состав системы рулевого управления электромобиля? Особенности моделирования динамики системы рулевого управления транспортного средства в пространственной постановке.	В состав системы рулевого управления входят: рулевое колесо; рулевой механизм и рулевой привод. Входным сигналом системы рулевого управления в модели электромобиля должен являться угол поворота рулевого колеса. Далее в модели рулевого механизма должно производится преобразование угла поворота руля в кинематическое воздействие на входное звено рулевого привода через передаточное отношение рулевого механизма. Рулевой привод в пространственной постановке необходимо моделировать телами, соединенными соответствующими шарнирами с большой жесткостью. Пространственная схема рулевого привода должна повторять поведения аналогичной системы в натурном электромобиле.

22.	Особенности моделирования динамики тормозной системы электромобиля. Какие две системы возможно (необходимо) интегрировать в модель тормозной системы и в чем их смысл?	Входным сигналом модели тормозной системы электромобиля является степень нажатия на педаль тормоза. Далее этот сигнал усиливается (умножается) на значение максимально возможного (технически допустимого для конкретного транспортного средства) тормозного момента и прикладывается к моделям колес транспортного средства. В модель системы торможения зачастую необходимо интегрировать системы антиблокировочную и противобуксовочную. Антиблокировочная система не позволяет колесу заблокироваться (остановить вращение) в процессе торможения транспортного средства для сохранения его устойчивости и управляемости за счет поддержания скольжения колеса в зоне реализуемости максимального сцепления колеса с опорной поверхностью. Противобуксовочная система не позволяет колесу буксовать (вращаться с высоким скольжением) в процессе разгона транспортного средства для сохранения его устойчивости и управляемости за счет поддержания скольжения колеса в зоне реализуемости максимального сцепления колеса с опорной поверхностью.
23.	Понятия адекватности функционирования, валидации и верификации имитационной динамической модели (в т.ч. электрического транспортного средства).	Адекватность модели – соответствие модели моделируемому изделию (процессу, явлению) по обоснованному перечню характеристик. Поведение модели должно соответствовать объективному поведению натурной системы, которая подлежит имитационному моделированию. При этом не должны нарушаться законы физики и другие естественные законы природы. Валидация модели – подтверждение того, что компьютерная модель в заявленной области применения адекватно и с заданной точностью выполняет подготовку исходных данных, проводит

		имитационное моделирование и обработку результатов моделирования. Верификация модели – подтверждение того, что компьютерная модель выполняет подготовку исходных данных, моделирование и обработку результатов моделирования в соответствие с заданной математической моделью.
24.	Какие виды виртуальных испытаний необходимо проводить для проверки адекватности функционирования модели электромобиля?	Моделирование статического положения электромобиля; моделирование разгона / торможения; моделирование движения по неровностям опорного основания виртуального полигона с поддержанием постоянной скорости движения электромобиля; моделирование движения в повороте с постоянным радиусом, моделирование движения в режиме «переставка», моделирования режима движения «рывок руля»; моделирование движения в заносе; моделирование режима опрокидывания транспортного средства.
25.	Виртуальные испытания электромобилей на плавность хода. Условия проведения. Измеряемые параметры.	Измеряемыми параметрами являются вертикальные и горизонтальные (продольные и поперечные) виброускорения на рабочем месте водителя и в местах размещения пассажиров электромобиля. Условия проведения: динамическая модель электромобиля движется прямолинейно по виртуальному полигону неровностей заданной категории с поддержанием постоянной скорости движения (10, 20, 30 км/ч ... до максимальной скорости) в течение не менее 60 секунд. Частота дискретизации записи реализаций виброускорений не менее 50 Гц. Анализ результатов виртуальных испытаний на плавность хода производится по ГОСТу на вибрационную безопасность. Анализируемые процессы виброускорений подвергаются фильтрации с помощью фильтров низких частот. Исследуемый диапазон частот 0,7…22,4 Гц.

26.	Виртуальные испытания электромобилей на тягово-динамические свойства. Условия проведения. Измеряемые параметры.	Измеряемыми параметрами являются скорость движения электромобиля и его курсовой угол (отклонение от прямолинейной траектории). Условия проведения: движение модели электромобиля начинается из состояния покоя (начальная скорость равна нулю). Состояние и вид опорной поверхности – сухое покрытие с коэффициентом сцепления при полном скольжении 0,8 (асфальтобетонное шоссе виртуального полигона). Производится разгон при полном нажатии на педаль акселератора до максимальной скорости электромобиля. При этом переключение передач производится с низшей на высшую. По результатам проведения строится график разгонной характеристики, определяется время разгона модели электромобиля до максимальной скорости движения.
27.	Виртуальные испытания электромобилей на тормозные свойства. Условия проведения. Измеряемые параметры.	Измеряемыми параметрами являются пройденный путь при торможении (замеряется с момента нажатия на педаль тормоза до момента полной остановки электромобиля), угловые скорости вращения колес, скорость движения электромобиля, его курсовой угол (отклонение от прямолинейной траектории) и угол складывания (при условии, что виртуальное испытание производится для автопоезда). Условия проведения: движение модели электромобиля начинается из состояния прямолинейного движения на максимальной скорости. Состояние и вид опорной поверхности – сухое (скользкое) покрытие с коэффициентом сцепления при полном скольжении 0,8 (0,35) (асфальтобетонное шоссе виртуального полигона). Производится торможение модели электромобиля при полном нажатии на педаль тормоза до его полной остановки. По результатам проведения виртуального испытания анализируются: отсутствие рысканья;

		отсутствие складывания автопоезда; отсутствие блокировки колес; отсутствие резких скачков и колебаний в реализации скорости движения электромобиля; оценивается тормозной путь и время торможения электромобиля; оценивается максимальное продольное ускорение электромобиля при торможении.
28.	Виртуальные испытания электромобилей на устойчивость и управляемость при движении в повороте R35. Условия проведения. Измеряемые параметры.	Регистрируемыми параметрами являются траектория движения модели электромобиля; угол поворота рулевого колеса; скорость движения модели электромобиля; угол бокового крена; курсовой угол; угловая скорость поворота транспортного средства; вертикальные реакции взаимодействия всех колес электромобиля с опорным основанием. Условия проведения: виртуальные испытания проводятся по ГОСТ на устойчивость и управляемость; виртуальные испытания выполняют по заданному разметкой маневру при постепенном увеличении скорости выполнения маневра от заезда к заезду. Виртуальное испытание начинается из состояния равномерного прямолинейного движения с заданной скоростью, и она же поддерживается на протяжении всего заезда. Состояние и вид опорной поверхности – сухое покрытие с коэффициентом сцепления при полном скольжении 0,8 (асфальтобетонное шоссе виртуального полигона). По результатам проведения виртуального испытания анализируются: траектория выполнения электромобилем маневра поворот R35; отсутствие отрыва колес от опорного основания; отсутствие резких скачков и колебаний скорости движения электромобиля; отсутствие поперечного раскачивания электромобиля; отсутствие рысканья электромобиля. Фиксируется максимальный угол бокового крена электромобиля.