МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ)

Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
по специальности
23.05.03 Подвижной состав железных дорог,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Цифровые двойники объектов ВСМ

Специальность: 23.05.03 Подвижной состав железных дорог

Специализация: Инжиниринг подвижного состава высокоскоростных железнодорожных магистралей

Форма обучения: Очная

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

Простая электронная подпись, выданная ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)
ID подписи: 87617
Подписал: руководитель образовательной программы
Назаров Дмитрий Валерьевич
Дата: 12.11.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями освоения дисциплины (модуля) являются:

изучение теоретических основ и практики построения цифровых двойников. Рассматриваются вопросы построения цифровых двойников на основе существующего контура информационных систем, а также задачи интеграции с системами имитационного и мультиагентного моделирования, системами анализа данных и вопросно-ответными системами.

Задачами освоения дисциплины (модуля) являются:

формирование профессиональных компетенций в области виртуализации цифровых двойников.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ОПК-1 - Способен решать инженерные задачи в профессиональной деятельности, используя методы естественных наук, математического анализа и моделирования на основе фундаментальных знаний физики, математики и общетехнических дисциплин для формализации, расчёта и обоснования решений, направленных на развитие транспортных систем.

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

Знать:

- Как соотносить проблемную область с соответствующей областью фундаментальных и общеинженерных наук.
- Терминологию, принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и общеинженерных наук, применимых для формулирования и решения задач проблемной области знания.

Уметь:

- Использовать для формулирования и решения задач проблемной области терминологию, основные принципы, методологические подходы и законы фундаментальных и общеинженерных наук.
- Критически оценивать возможные способы решения задач проблемной области, используя знания фундаментальных и общеинженерных наук.

Владеть:

- навыками разработки вариантов формулирования и решения научно-исследовательских, технических, организационно-экономических и

комплексных задач, применяя знания фундаментальных и общеинженерных наук.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 академических часа(ов).

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

Тип учебных занятий	Количество часов		
	Всего	Семестр	
		№7	№8
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	32	48
В том числе:			
Занятия лекционного типа	32	16	16
Занятия семинарского типа	48	16	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 100 академических часа (ов).

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

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Концепция, определения и классификация цифровых двойников. - Инжиниринговые инструменты для создания цифровых двойников. - Определение цифровых двойников (ЦД) и эволюция термина. - ЦД и эволюция составляющих технологий. - Классификация ЦД по уровню сложности, зрелости. - Инжиниринговые инструменты для создания ЦД и их эволюция. - ЦД и оптимизация изделия, аддитивные технологии. - Примеры реализации ЦД в различных отраслях
2	Технологии сбора и обработки данных для создания цифровых - Технологии математического моделирования. - Технологии математического моделирования и цифровых теней. - ЦД, облака и периферийные вычисления. - Имитационное моделирование как методология построения ЦД. - Методы сбора и обработки данных для ЦД. - Обеспечение качества данных.
3	Динамические имитационные модели - Динамические имитационные модели и данные, отражающие текущее состояние реальной моделируемой системы - Методы построения динамических моделей. - Верификация и валидация динамических моделей. - Интеграция динамических моделей с данными в реальном времени.
4	Структура и состав цифровых двойников - Имитационные модели, базы данных, интеллектуальные программные модули класса генетических оптимизационных алгоритмов, подсистемы интеллектуального анализа данных (data mining). - Архитектура цифрового двойника. - Взаимодействие компонентов ЦД. - Примеры реализации структуры ЦД.
5	Применение цифровых двойников - Практические примеры применения ЦД в промышленности и на транспорте. - Оценка эффективности внедрения ЦД. - Перспективы развития ЦД.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Определение цифрового двойника. Эволюция термина и составляющих технологий. Классификация. - Понятие цифрового двойника (ЦД) и его отличие от цифровой тени. - Исторические этапы развития термина. - Классификация ЦД по уровню сложности и зрелости. - Примеры классификаций в различных отраслях.
2	Инжиниринговые инструменты для создания цифровых двойников. - Обзор CAD/CAE/CAM-систем. - Платформы для построения ЦД. - Сравнительный анализ инструментов. - Практическое задание: выбор инструмента для заданного объекта.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
3	Цифровые двойники и оптимизация изделия, аддитивные технологии. - Методы оптимизации на основе ЦД. - Роль аддитивных технологий в создании ЦД. - Примеры оптимизации геометрии и материалов. - Практическое задание: оптимизация простой детали с использованием ЦД.
4	Технологии сбора и обработки данных для цифровых двойников. - Источники данных (датчики, SCADA, логи). - Методы очистки и предобработки данных. - Обеспечение качества данных. - Практическое задание: обработка фрагмента реальных данных.
5	Математическое моделирование и цифровые тени. - Понятие цифровой тени и её связь с ЦД. - Основы математического моделирования. - Примеры моделей для цифровых теней. - Практическое задание: построение простейшей математической модели.
6	Имитационное моделирование как методология построения ЦД. - Виды имитационного моделирования (дискретно-событийное, агентное, системная динамика). - Этапы построения имитационной модели. - Инструменты имитационного моделирования. - Практическое задание: создание простой имитационной модели.
7	Динамические имитационные модели. - Основы динамического моделирования. - Уравнения состояния и переходные процессы. - Численные методы решения. - Практическое задание: моделирование динамики простой системы.
8	Граничные условия имитационного моделирования. - Типы граничных условий. - Влияние граничных условий на адекватность модели. - Задание начальных условий. - Практическое задание: исследование влияния граничных условий на примере.
9	Структура и состав цифровых двойников. Глубина проработки модели. - Основные компоненты ЦД (модели, данные, алгоритмы). - Уровни детализации модели. - Выбор глубины проработки в зависимости от целей. - Практическое задание: анализ структуры ЦД для заданного объекта.
10	Состав имитационной модели цифрового двойника. Взаимодействие данных - Подсистемы имитационной модели. - Организация потоков данных между компонентами. - Интеграция с базами данных. - Практическое задание: проектирование схемы взаимодействия данных.
11	Интеллектуальные программные модули и анализ данных в ЦД. - Генетические алгоритмы и их применение. - Методы data mining для ЦД. - Примеры интеллектуальной обработки данных. - Практическое задание: реализация простого генетического алгоритма.
12	Применение цифровых двойников на основе типовых стандартных моделей. - Обзор типовых моделей для различных отраслей. - Адаптация стандартных моделей к конкретным задачам. - Оценка эффективности применения. - Практическое задание: применение типовой модели к заданному объекту.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение дополнительной литературы.
2	Выполнение курсовой работы.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Создание цифрового двойника в рамках проекта

Предполагается формирование команд для реализации проекта цифрового двойника. Выбор объекта моделирования осуществляется в соответствии с выбранным направлением подготовки. Вариант подразумевает выбор физической природы объекта моделирования, компоновки объекта и глубины его проработки.

Вариант 1. Объект моделирования - цифровой двойник тележки вагона; физическая природа / компоновка - механика, динамика; глубина проработки - динамическая модель с учётом неровностей пути.

Вариант 2. Объект моделирования - цифровой двойник пути (рельсошпальная решётка); физическая природа / компоновка - механика, деформации; глубина проработки – статическая и динамическая модель.

Вариант 3. Объект моделирования - цифровой двойник контактной сети; физическая природа / компоновка - электротехника, механика; глубина проработки - модель взаимодействия токоприёмника и сети.

Вариант 4. Объект моделирования - цифровой двойник системы электроснабжения; физическая природа / компоновка - электроэнергетика; глубина проработки - модель нагрузки и распределения энергии.

Вариант 5. Объект моделирования - цифровой двойник станции (пассажирские потоки); физическая природа / компоновка - логистика,

имитационное моделирование; глубина проработки - дискретно-событийная модель.

Вариант 6. Объект моделирования - цифровой двойник системы управления движением поездов; физическая природа / компоновка - автоматика, телемеханика; глубина проработки - модель реального времени.

Вариант 7. Объект моделирования - цифровой двойник моста (искусственного сооружения); физическая природа / компоновка - строительная механика; глубина проработки - модель напряжённо-деформированного состояния.

Вариант 8. Объект моделирования - цифровой двойник тоннеля; физическая природа / компоновка - геомеханика, аэродинамика; глубина проработки - модель вентиляции и устойчивости.

Вариант 9. Объект моделирования - цифровой двойник тягового электродвигателя; физическая природа / компоновка - электромеханика; глубина проработки - модель нагрева и энергопотребления.

Вариант 10. Объект моделирования - цифровой двойник светофора и путевых датчиков; физическая природа / компоновка - электроника, логика; глубина проработки - логическая модель с временными задержками.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Карпова, Т. С. Базы данных: модели, разработка, реализация : учебное пособие / Т. С. Карпова. — 2-е изд. — Москва : ИНТУИТ, 2016. — 403 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	URL: https://e.lanbook.com/book/100575 (дата обращения: 19.06.2024)
2	Горожанина, Е. И. Имитационное моделирование : учебник / Е. И. Горожанина, Е. А. Богданова. — Самара : ПГУТИ, 2022. — 252 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	URL: https://e.lanbook.com/book/411383 (дата обращения: 19.06.2024)

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

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (https://www.miit.ru/).

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (http:/library.miit.ru).

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

Общие информационные, справочные и поисковые системы «Консультант Плюс», «Гарант».

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

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

Microsoft Internet Explorer (или другой браузер).

Операционная система Microsoft Windows.

Microsoft Office.

Система автоматизированного проектирования Компас, SolidWorks.

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

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

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7 семестре.

Курсовая работа в 8 семестре.

Экзамен в 8 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

доцент, доцент, к.н. кафедры ««Тяговый подвижной состав железных дорог» » Института железнодорожного транспорта — С.В. Володин

Согласовано:

Директор — О.Н. Покусаев

Руководитель образовательной программы — Д.В. Назаров

Председатель учебно-методической комиссии — Д.В. Паринов