

**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 направлению подготовки  
09.03.01 Информатика и вычислительная техника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **Цифровые двойники**

Направление подготовки: 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль): Цифровая инженерия транспортных процессов

Форма обучения: Очная

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

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 937226  
Подписал: руководитель образовательной программы  
Проневич Ольга Борисовна  
Дата: 10.06.2026

### 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Цель изучения дисциплины – освоение студентами основных понятий и методов разработки цифровых двойников на транспорте.

Задачи изучения дисциплины включают:

1. Изучение основных понятий в области разработки цифровых двойников.
2. Освоение методов разработки цифровых двойников с применением python.
3. Развитие навыков применения теоретических знаний на практике.

### 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

**ОПК-6** - Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.

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

**Уметь:**

применять теоретические знания из области разработки цифровых двойников

**Знать:**

Основные назначения цифровых двойников и методы их разработки

**Владеть:**

основными инструментами разработки цифровых двойников

### 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
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	80	80
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	48	48

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 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	Тема 1: Введение в цифровые двойники Рассматриваемые вопросы: - Понятие и основные принципы цифровых двойников - Области применения цифровых двойников в транспорте - Классификация цифровых двойников (статичные, динамические, прогнозные)
2	Тема 2: Архитектура цифровых двойников Рассматриваемые вопросы: - Основные компоненты цифрового двойника (данные, модели, интерфейсы) - Взаимодействие физического объекта и его цифровой копии - Примеры архитектур для транспортных систем
3	Тема 3: Сбор и обработка данных для цифровых двойников Рассматриваемые вопросы: - Источники данных (датчики, IoT, телеметрия) - Методы предобработки и очистки данных - Хранение и управление данными (базы данных, облачные хранилища)
4	Тема 4: Математические модели в цифровых двойниках Рассматриваемые вопросы: - Детерминированные и стохастические модели - Моделирование динамики транспортных систем - Линейные и нелинейные модели

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
5	<p>Тема 5: Основы моделирования на Python (введение)</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Библиотеки Python для моделирования (NumPy, SciPy, Pandas)</li> <li>- Построение простых математических моделей</li> <li>- Визуализация данных (Matplotlib, Seaborn)</li> </ul>
6	<p>Тема 6: Разработка цифрового двойника транспортного средства (Python)</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Моделирование кинематики и динамики транспорта</li> <li>- Использование дифференциальных уравнений в моделях</li> <li>- Пример: цифровой двойник автомобиля</li> </ul>
7	<p>Тема 7: Моделирование работы двигателя и энергосистем</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основные параметры двигателя (КПД, мощность, расход топлива)</li> <li>- Моделирование энергопотребления электромобилей</li> <li>- Анализ данных с датчиков в реальном времени</li> </ul>
8	<p>Тема 8: Цифровые двойники в логистике и управлении транспортом</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Оптимизация маршрутов с помощью цифровых двойников</li> <li>- Моделирование транспортных потоков</li> <li>- Прогнозирование задержек и аварийных ситуаций</li> </ul>
9	<p>Тема 9: Использование машинного обучения в цифровых двойниках</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Обучение моделей для прогнозирования состояний</li> <li>- Ансамбли моделей и нейросетевые подходы</li> <li>- Пример: предсказание износа деталей транспорта</li> </ul>
10	<p>Тема 10: Реализация цифрового двойника на Python</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Разработка структуры проекта</li> <li>- Интеграция моделей и данных</li> <li>- Тестирование и валидация двойника</li> </ul>
11	<p>Тема 11: Взаимодействие с IoT и реальными датчиками</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Подключение к IoT-платформам (MQTT, REST API)</li> <li>- Обработка потоковых данных</li> <li>- Пример: мониторинг транспорта в реальном времени</li> </ul>
12	<p>Тема 12: Визуализация и интерфейсы для цифровых двойников</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dash-приложения для визуализации (Plotly Dash)</li> <li>- 3D-моделирование (Blender, Unity)</li> <li>- ГИС-системы для отображения транспортных потоков</li> </ul>
13	<p>Тема 13: Прогнозная аналитика и цифровые двойники</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Методы прогнозирования отказов и поломок</li> <li>- Анализ временных рядов (ARIMA, LSTM)</li> <li>- Оптимизация обслуживания транспорта</li> </ul>
14	<p>Тема 14: Цифровые двойники в беспилотном транспорте</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Моделирование работы автономных систем</li> <li>- Имитация сенсоров (лидары, камеры, радары)</li> <li>- Тестирование алгоритмов управления</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
15	Тема 15: Безопасность и киберфизические системы Рассматриваемые вопросы: - Угрозы для цифровых двойников - Методы защиты данных и моделей - Стандарты и нормативы
16	Тема 16: Будущее цифровых двойников в транспорте Рассматриваемые вопросы: - Перспективы развития технологии - Интеграция с цифровыми экосистемами (умные города) - Этические и социальные аспекты

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Тема 1: Основы работы с Python для цифровых двойников Рассматриваемые вопросы: - Установка и настройка Python, Jupyter Notebook - Основы работы с NumPy и Pandas для обработки данных - Визуализация данных с помощью Matplotlib
2	Тема 2: Сбор данных с датчиков транспорта Рассматриваемые вопросы: - Подключение к CAN-шине автомобиля (OBD-II) - Чтение данных GPS и акселерометра - Сохранение данных в CSV/JSON
3	Тема 3: Предобработка данных для цифрового двойника Рассматриваемые вопросы: - Очистка данных от шумов и выбросов - Нормализация и стандартизация данных - Агрегация временных рядов
4	Тема 4: Моделирование кинематики транспортного средства Рассматриваемые вопросы: - Уравнения движения автомобиля (прямолинейное, повороты) - Моделирование ускорения и торможения - Визуализация траектории движения
5	Тема 5: Разработка цифрового двойника двигателя Рассматриваемые вопросы: - Моделирование зависимости мощности от оборотов - Расчет расхода топлива/энергии - Анализ КПД двигателя
6	Тема 6: Моделирование подвески автомобиля Рассматриваемые вопросы: - Динамика пружинно-амортизаторной системы - Анализ вибраций и устойчивости - Оптимизация параметров подвески
7	Тема 7: Цифровой двойник системы рулевого управления Рассматриваемые вопросы: - Моделирование угла поворота колес

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ устойчивости при разной скорости</li> <li>- Влияние износа деталей на управляемость</li> </ul>
8	<p>Тема 8: Моделирование аэродинамики транспорта</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Расчет лобового сопротивления</li> <li>- Оптимизация формы кузова</li> <li>- Влияние ветра на устойчивость</li> </ul>
9	<p>Тема 9: Разработка цифрового двойника электромобиля</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Моделирование разряда батареи</li> <li>- Прогнозирование запаса хода</li> <li>- Тепловое моделирование аккумулятора</li> </ul>
10	<p>Тема 10: Анализ данных телеметрии в реальном времени</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Подключение к MQTT-брокеру</li> <li>- Поточная обработка данных</li> <li>- Визуализация на Dash/Plotly</li> </ul>
11	<p>Тема 11: Моделирование транспортных потоков</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Агентное моделирование (SimPy)</li> <li>- Оптимизация светофорных циклов</li> <li>- Прогнозирование пробок</li> </ul>
12	<p>Тема 12: Прогнозирование износа деталей с ML</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Сбор данных о состоянии узлов</li> <li>- Обучение модели регрессии</li> <li>- Визуализация остаточного ресурса</li> </ul>
13	<p>Тема 13: Моделирование аварийных ситуаций</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Анализ данных с черных ящиков</li> <li>- Имитация ДТП в виртуальной среде</li> <li>- Оценка влияния скорости на последствия</li> </ul>
14	<p>Тема 14: Интеграция цифрового двойника с IoT</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Подключение Arduino/Raspberry Pi к датчикам или альтернативные решения</li> <li>- Передача данных в облако (AWS IoT, ThingsBoard)</li> <li>- Управление транспортом через цифровой двойник</li> </ul>
15	<p>Тема 15: Оптимизация маршрутов с помощью двойников</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Построение графов дорожной сети</li> <li>- Алгоритмы поиска кратчайшего пути (A*, Dijkstra)</li> <li>- Учет пробок и погодных условий</li> </ul>
16	<p>Тема 16: 3D-визуализация цифрового двойника</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Импорт моделей из CAD (Blender, Unity)</li> <li>- Анимация движения транспорта</li> <li>- AR/VR-интерфейсы для мониторинга</li> </ul>
17	<p>Тема 17: Тестирование алгоритмов беспилотного управления</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Симуляция в CARLA/SUMO</li> </ul>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	- Оценка реакции на препятствия - Калибровка датчиков виртуального авто
18	Тема 18: Анализ энергоэффективности транспорта Рассматриваемые вопросы: - Расчет энергопотерь при разгоне/торможении - Сравнение ДВС и электродвигателей - Оптимизация расхода энергии
19	Тема 19: Разработка API для цифрового двойника Рассматриваемые вопросы: - Создание REST-сервиса на FastAPI/Flask - Документирование эндпоинтов - Интеграция с мобильными приложениями
20	Тема 20: Валидация цифрового двойника Рассматриваемые вопросы: - Сравнение с реальной моделью - Корректировка алгоритмы работы - Документирование результатов тестирования

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Проработка лекционного материала
2	Подготовка к промежуточной аттестации.
3	Подготовка к текущему контролю.
4	Выполнение курсовой работы.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

1. Разработка цифрового двойника для железнодорожного транспорта
2. Разработка цифрового двойника для автомобильного транспорта
3. Разработка цифрового двойника общественного транспорта
4. Разработка цифрового двойника пассажирка
5. Разработка цифрового двойника проводника

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
----------	----------------------------	---------------

1	Пенский, О. Г. Математические модели цифровых двойников : учебное пособие / О. Г. Пенский. — Пермь : ПГНИУ, 2019. — 157 с. — ISBN 978-5-7944-3267-1. Пенский О. Г. Пермский государственный национальный исследовательский университет , 2019	<a href="https://e.lanbook.com/book/246641">https://e.lanbook.com/book/246641</a>
2	Функциональные, информационные и математические модели проектирования гидравлических прессов : учебное пособие / В. Г. Мокрозуб, С. В. Карпушкин, А. О. Глебов, С. В. Карпов. — Тамбов : ТГТУ, 2022. — 120 с. — ISBN 978-5-8265-2539-5. Мокрозуб В. Г., Карпушкин С. В., Глебов А. О., Карпов С. В. Книга Тамбовский государственный технический университет , 2022	<a href="https://e.lanbook.com/book/355211">https://e.lanbook.com/book/355211</a>

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

1. Электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ: <http://library.miit.ru/>

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

1. MS Office

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

Компьютер преподавателя

экран для проектора, маркерная доска,

Проектор

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7 семестре.

Курсовая работа в 7 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  
«Математическое моделирование  
сложных систем» Института  
железнодорожного транспорта

Е.Б. Арутюнян

Согласовано:

Директор

Д.В. Паринов

Руководитель образовательной  
программы

О.Б. Проневич

Председатель учебно-методической  
комиссии

Д.В. Паринов