

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы магистратуры
по направлению подготовки
09.04.03 Прикладная информатика,
утвержденной директором РУТ (МИИТ)
Покусаевым О.Н.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Внедрение сервисов на основе Цифровых двойников в IT-
инфраструктуру ВСМ**

Направление подготовки: 09.04.03 Прикладная информатика

Направленность (профиль): IT-инженер ВСМ

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: 2017
Подписал: заместитель руководителя Ефимова Ольга
Владимировна
Дата: 01.06.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Цели дисциплины:

- научить студентов проектировать и внедрять сервисы на основе цифровых двойников в IT-ландшафт ВСМ;
- обеспечить практическое освоение архитектурных, интеграционных и управленческих аспектов цифровых двойников;
- сформировать способность к экономической и процессной оценке эффективности решений на базе цифровых двойников.

Задачи дисциплины:

- Освоить принципы построения цифровых двойников в индустрии высокоскоростного транспорта;
- изучить архитектуру IT-ландшафта и интеграционные паттерны;
- разработать навыки оценки бизнес-ценности и эффективности внедрения;
- научиться анализировать и трансформировать бизнес-процессы под внедрение цифровых двойников;
- освоить методы сопровождения, обновления и масштабирования цифровых двойников;
- изучить подходы к обеспечению безопасности и устойчивости цифровых двойников.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ПК-3 - Способен создавать схемы IT-ландшафта ВСМ в рамках методологии разработки архитектуры ПО;

ПК-4 - Способен интегрировать в IT-ландшафт ВСМ машинное обучение и цифровые двойники;

ПК-5 - Способен осуществлять верификацию и валидацию IT-инфраструктуры и IT-ландшафта.

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

Владеть:

- современными инструментами моделирования и мониторинга;
- подходами к архитектурному проектированию (TOGAF, ArchiMate);
- навыками настройки потоков данных, API, SCADA-интеграций;

– методиками оценки зрелости цифровых решений.

Уметь:

- анализировать процессы и выявлять точки цифровизации;
- проектировать сервисы двойников под реальные задачи BSM;
- рассчитывать ROI, TCO, KPI внедрения;
- обеспечивать валидацию и масштабирование решений.

Знать:

- архитектурные принципы цифровых двойников;
- подходы к интеграции в сложные IT-ландшафты BSM;
- методы оценки экономического эффекта и анализа процессов;
- практики DevOps и DataOps для сопровождения двойников.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 9 з.е. (324 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 №3
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	128	128
В том числе:		
Занятия лекционного типа	64	64
Занятия семинарского типа	64	64

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 196 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	Архитектура цифровых двойников на транспорте Рассматриваемые вопросы: - слои архитектуры; - компоненты цифровых двойников; - коммуникационные протоколы; - особенности цифровых двойников на ВСМ.
2	Интеграция цифровых двойников в IT-ландшафт ВСМ Рассматриваемые вопросы: - IT-инфраструктура ВСМ в контексте цифровых моделей; - типовые паттерны интеграции; - CI/CD; - DevOps в контексте цифровых двойников.
3	Бизнес-процессы ВСМ: анализ и точки цифровизации Рассматриваемые вопросы: - основные процессы ВСМ; - методики анализа (BPMN, IDEF0); - кейсы цифровизации.
4	Экономика цифровых двойников Рассматриваемые вопросы: - ROI, TCO, KPI; - прогнозирование выгоды; - типовые бизнес-кейсы.
5	Двойники объектов инфраструктуры Рассматриваемые вопросы: - модели рельсов, стрелок, мостов; - мониторинг износа; - интеграция с BIM/SCADA.
6	Двойники подвижного состава Рассматриваемые вопросы: - диагностика подвижного состава; - ML-предсказания отказов; - системы бортового контроля.
7	Моделирование поведения и сценариев Рассматриваемые вопросы: - Simulink, AnyLogic, Modelica; - событийно-ориентированное моделирование; - верификация сценариев.
8	Потоки данных и телеметрия Рассматриваемые вопросы: - типы данных и специальные базы данных для цифровых двойников;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- потоковая обработка данных датчиков; - Kafka, MQTT, OPC-UA.
9	Двойники в тяговом электроснабжении Рассматриваемые вопросы: - архитектура цифровых двойников тягового электроснабжения ВСМ; - отказоустойчивость и цифровые двойники; - мониторинг нагрузки.
10	API и микросервисы Рассматриваемые вопросы: - REST, GraphQL; - проектирование API; - шины данных.
11	Безопасность цифровых двойников Рассматриваемые вопросы: - основные угрозы; - криптография и передача данных; - авторизация систем контроля инфраструктуры и подвижного состава; - защита каналов передачи данных.
12	Валидация и сертификация цифровых двойников Рассматриваемые вопросы: - ГОСТ, ISO, отраслевые стандарты; - тестовые стенды; - моделирование инцидентов.
13	Digital Twin Platform: обзор решений Рассматриваемые вопросы: - Siemens, PTC, Dassault; - Open-source стек; - критерии выбора.
14	Управление конфигурацией цифровых двойников Рассматриваемые вопросы: - GitOps, DevOps, CI/CD; - обновление двойников; - версияльность.
15	Визуализация и человеко-машинные интерфейсы Рассматриваемые вопросы: - SCADA, 3D; - Web-интерфейсы; - UX/UI для оператора.
16	Digital Twin в управлении активами Рассматриваемые вопросы: - EAM-системы; - цифровая паспортизация; - управление жизненным циклом.
17	Кейс: Deutsche Bahn Digital Infrastructure Рассматриваемые вопросы: - примеры архитектуры; - оценка эффектов; - результаты пилотных внедрений.
18	Кейс: CRRC и цифровое автоведение Рассматриваемые вопросы:

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- автоматическое управление; - цифровой профиль пути; - интеграция с техническим зрением.
19	Машинное обучение в цифровых двойниках Рассматриваемые вопросы: - предиктивная аналитика в Цифровых двойниках; - обработка аномалий; - AutoML.
20	Мониторинг и инцидент-менеджмент Рассматриваемые вопросы: - Prometheus, Grafana; - триггеры; - SLA и SLO.
21	Цифровые двойники и BIM Рассматриваемые вопросы: - интеграция моделей инфраструктуры; - IFC; - CAD-связь.
22	Прогнозирование техобслуживания Рассматриваемые вопросы: - RUL-модели; - классификация отказов; - алгоритмы прогнозов.
23	Внедрение двойника в CI/CD пайплайн Рассматриваемые вопросы: - GitHub Actions, Jenkins; - автотесты; - валидация изменений.
24	Цифровой двойник как сервис Рассматриваемые вопросы: - SaaS-модель; - эксплуатация; - юридические аспекты SLA.
25	Интеграция двойников с ERP и MES Рассматриваемые вопросы: - SAP, 1C, Oracle; - обмен данными; - сквозной учет активов.
26	Стандартизация и нормативная база Рассматриваемые вопросы: - ISO 23247, ISO 55000; - национальные ГОСТ; - РЖД-рекомендации.
27	Облачные и гибридные архитектуры Рассматриваемые вопросы: - Azure IoT, AWS Greengrass; - локальная и облачная синхронизация.
28	Контроль инфраструктуры через цифровой двойник Рассматриваемые вопросы: - распределенные сенсоры;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- интеграция с ИИ; - отображение дефектов.
29	Интероперабельность цифровых двойников Рассматриваемые вопросы: - открытые протоколы; - форматы данных; - интеграция нескольких двойников.
30	Цифровой двойник как элемент умного города Рассматриваемые вопросы: - связь с другими транспортными системами; - API городских платформ.
31	Масштабирование и устойчивость решений Рассматриваемые вопросы: - Kubernetes, отказоустойчивые конфигурации; - стресс-тестирование.
32	Стратегия цифровизации ВСМ через цифровые двойники Рассматриваемые вопросы: - планирование дорожной карты; - оценка эффектов; - переход в промышленную эксплуатацию.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Анализ IT-ландшафта ВСМ В результате выполнения практической работы студенты научатся описывать существующую архитектуру IT-систем ВСМ и выявлять точки интеграции цифровых двойников.
2	Моделирование бизнес-процесса ВСМ в BPMN В результате выполнения практической работы студенты смогут формализовать бизнес-процессы ВСМ с помощью BPMN и выявить цифровизируемые этапы.
3	Разработка схемы цифрового двойника рельсового узла В результате выполнения практической работы студенты научатся проектировать архитектуру цифрового двойника инфраструктурного объекта.
4	Интеграция телеметрии в Kafka В результате выполнения практической работы студенты получат опыт организации потоковой передачи данных с помощью Apache Kafka.
5	Проектирование REST API цифрового двойника В результате выполнения практической работы студенты научатся разрабатывать REST API для обмена данными между компонентами цифрового двойника.
6	Построение модели прогноза отказа с использованием ML В результате выполнения практической работы студенты смогут применять алгоритмы машинного обучения для предсказания отказов оборудования.
7	Сценарное моделирование в AnyLogic В результате выполнения практической работы студенты освоят базовые приемы событийного моделирования транспортных процессов.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
8	Конфигурация мониторинга с Prometheus В результате выполнения практической работы студенты научатся настраивать сбор метрик и визуализацию состояния цифрового двойника.
9	Визуализация состояния объекта в Grafana В результате выполнения практической работы студенты создадут дашборды в Grafana для отображения данных цифрового двойника.
10	Интеграция цифрового двойника с ERP-системой В результате выполнения практической работы студенты получат опыт взаимодействия цифрового двойника с корпоративными системами (например, SAP).
11	Расчет экономического эффекта внедрения цифрового двойника В результате выполнения практической работы студенты научатся рассчитывать ROI, TCO и другие показатели эффективности.
12	Внедрение цифрового двойника в CI/CD пайплайн В результате выполнения практической работы студенты научатся автоматизировать доставку изменений в цифровом двойнике.
13	Разработка сценария отказа для валидации модели двойника В результате выполнения практической работы студенты разработают и протестируют поведение двойника в условиях сбоя.
14	Проектирование безопасной архитектуры цифрового двойника В результате выполнения практической работы студенты научатся выявлять уязвимости и проектировать безопасную систему.
15	Создание панели SCADA для цифрового двойника В результате выполнения практической работы студенты смогут визуализировать параметры и сигналы с объекта через SCADA-интерфейс.
16	Тестирование каналов передачи данных с использованием OPC UA В результате выполнения практической работы студенты научатся организовывать взаимодействие с промышленным оборудованием через протокол OPC UA.
17	Расчет полной стоимости владения (TCO) В результате выполнения практической работы студенты освоят методы оценки затрат на жизненный цикл цифрового двойника.
18	Анализ кейса внедрения цифрового двойника в Deutsche Bahn В результате выполнения практической работы студенты научатся проводить аналитический разбор реального кейса внедрения цифрового двойника.
19	Настройка модели двойника тяговой системы ВСМ В результате выполнения практической работы студенты разработают концепцию двойника для тягового электроснабжения.
20	Настройка предиктивной аналитики в двойнике В результате выполнения практической работы студенты применяют методы машинного обучения для предикции событий.
21	Сравнительный анализ платформ цифровых двойников В результате выполнения практической работы студенты оценят функциональность, лицензирование и применимость различных платформ (PTC, Siemens, Dassault и др.).
22	Создание цифрового паспорта инфраструктурного объекта В результате выполнения практической работы студенты сформируют структуру цифрового паспорта с учетом жизненного цикла объекта.
23	Реализация алертов и автоматического реагирования В результате выполнения практической работы студенты настроят систему оповещения при превышении порогов и инцидентах.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
24	Анализ требований к API цифрового двойника В результате выполнения практической работы студенты разработают спецификацию API для взаимодействия с цифровым двойником.
25	Разработка пользовательского Web-интерфейса для двойника В результате выполнения практической работы студенты спроектируют и реализуют веб-интерфейс для работы с цифровым двойником.
26	Конфигурация безопасности каналов передачи данных В результате выполнения практической работы студенты реализуют безопасный обмен данными с использованием шифрования и авторизации.
27	Анализ стандартов ISO 23247 и ISO 55000 В результате выполнения практической работы студенты изучат ключевые международные стандарты и оценят соответствие архитектуры двойника.
28	Сравнение стратегий миграции и обновления цифровых двойников В результате выполнения практической работы студенты рассмотрят подходы к обновлению двойников без остановки системы.
29	Настройка цифрового двойника как SaaS-решения В результате выполнения практической работы студенты внедрят модель «двойник как сервис» (Digital Twin-as-a-Service).
30	Симуляция инцидента и восстановление системы В результате выполнения практической работы студенты проведут тестирование двойника в условиях имитации сбоя и оценят восстановление.
31	Разработка дорожной карты внедрения цифрового двойника В результате выполнения практической работы студенты разработают стратегию поэтапного внедрения с учетом рисков и ресурсов.
32	Защита комплексного кейса цифрового двойника В результате выполнения практической работы студенты представят интеграционное решение по цифровому двойнику и обоснуют его эффективность.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к практическим занятиям
2	Работа с лекционным материалом
3	Самостоятельное изучение рекомендуемой литературы
4	Выполнение курсового проекта.
5	Подготовка к промежуточной аттестации.
6	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

1. Разработка цифрового двойника для мониторинга состояния рельсовой инфраструктуры ВСМ
2. Проектирование архитектуры цифрового двойника тяговой подстанции ВСМ

3. Интеграция цифрового двойника в бизнес-процессы технического обслуживания подвижного состава
4. Моделирование процессов пассажирских перевозок с использованием AnyLogic и цифрового двойника вокзального узла
5. Разработка модуля предиктивной аналитики отказов на основе цифрового двойника и ML-моделей
6. Оценка экономического эффекта от внедрения цифрового двойника депо ВСМ
7. Цифровой двойник мостового сооружения с анализом данных от деформационных сенсоров
8. Внедрение цифрового двойника в CI/CD инфраструктуру эксплуатации и обслуживания
9. Сравнительный анализ платформ цифровых двойников для транспортной инфраструктуры
10. Цифровой двойник как SaaS: проектирование сервиса для региональной ВСМ-инфраструктуры.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Бессонов, А. С. Основы имитационного моделирования. Моделирование в среде Anylogic : методические указания / А. С. Бессонов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2024.	https://e.lanbook.com/book/421025
2	Баланов, А. Н. DevOps: интеграция и автоматизация : учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 240 с. — ISBN 978-5-507-50491-6.	https://e.lanbook.com/book/440162
3	Баланов, А. Н. Бэкенд-разработка веб-приложений: архитектура, проектирование и управление проектами : учебное пособие для вузов / А. Н. Баланов. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 312 с. — ISBN 978-5-507-52472-3.	https://e.lanbook.com/book/451820
4	Баланов, А. Н. Цифровые продукты. Product Owner : учебник для вузов / А. Н. Баланов. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 404 с. — ISBN 978-5-507-49417-0.	https://e.lanbook.com/book/417785
5	Талапов, В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий : учебное	https://e.lanbook.com/book/1330

	пособие / В. В. Талапов. — Москва : ДМК Пресс, 2011. — 392 с. — ISBN 978-5-94074-692-8.	
6	Григорьев, В. Г. Взаимодействие и совместная работа участников проектной группы на всех этапах BIM-проекта : учебное пособие / В. Г. Григорьев, С. В. Тепикин, А. В. Показеев. — Иркутск : ИРНИТУ, 2021.	https://e.lanbook.com/book/325340
7	Асанов, В. Л. Управление архитектурно-строительными проектами в современных условиях : монография / В. Л. Асанов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2025. — 240 с. — ISBN 978-5-507-50752-8.	https://e.lanbook.com/book/462692

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/>);

Официальный сайт Минтранса России (<https://mintrans.gov.ru/>);

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

Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru);

Образовательная платформа «Открытое образование» (<https://openedu.ru>);

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

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

Электронно-библиотечная система ibooks.ru (<http://ibooks.ru/>);

Электронно-библиотечная система «Академия» (<http://academia-moscow.ru/>);

Электронно-библиотечная система «BOOK.ru» (<http://www.book.ru/>);

Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» (<http://www.znanium.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

Visual studio Code

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:

Курсовой проект в 3 семестре.

Экзамен в 3 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

менеджер

А.А. Кочурков

Согласовано:

Заместитель руководителя

О.В. Ефимова

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов