

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 бакалавриата
по направлению подготовки
15.03.06 Мехатроника и робототехника,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программирование в ROS

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Автоматизация и роботизация
технологических 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: 610876
Подписал: заведующий кафедрой Григорьев Павел
Александрович
Дата: 01.06.2025

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью изучения дисциплины (модуля) является:

- изучение структуры фреймворков для программирования промышленных и автономных роботов;
- изучение методов объединения программного обеспечения разного уровня абстракции в рамках робототехнических комплексов;
- освоение технологий проектирования технических систем с учетом интеграции аппаратной и программных частей в единый комплекс.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- получение комплексного представления о структурах фреймворков для программирования роботов;
- изучение алгоритмов развертывания программной среды на ПК;
- изучение методов обеспечения связи между аппаратным комплексом низкого уровня и аппаратным комплексом высокого уровня;
- освоение технологии создания графа обмена данными между узлами программного продукта;
- получение представления о связи технических характеристик аппаратной части и конфигурации программы;
- освоение технологии применения метода моделирования для проведения опытов *in silico*.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ОПК-11 - Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые программные методы расчетов и проектирования отдельных устройств и подсистем мехатронных и робототехнических систем с использованием стандартных исполнительных и управляющих устройств, средств автоматики, измерительной и вычислительной техники в соответствии с техническим заданием, разрабатывать цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем;

ОПК-14 - Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения.;

ПК-2 - Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления .

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

Знать:

- структуру и архитектуру современных фреймворков для программирования автономных и промышленных роботов (включая ROS 2);
- принципы взаимодействия аппаратных и программных компонентов в робототехнических системах;
- методы интеграции программного обеспечения различного уровня абстракции;

Уметь:

- конфигурировать и запускать программные фреймворки для управления роботами;
- обеспечивать взаимодействие между аппаратными модулями и программными узлами системы;
- разрабатывать и настраивать узлы обмена данными в ROS 2;
- интерпретировать технические параметры оборудования и адаптировать под них программную архитектуру;
- проводить симуляцию поведения робота в виртуальной среде с использованием моделирования;
- реализовывать связку «низкоуровневое ПО – высокоуровневое управление» в сложных системах.

Владеть:

- средствами разработки на базе ROS 2 и вспомогательных инструментов (colcon, launch-файлы, rqt, rviz и др.);
- практическими навыками интеграции сенсоров, исполнительных механизмов и вычислительных блоков в единый комплекс;
- технологиями построения распределённых систем управления на основе обмена сообщениями;
- навыками отладки, профилирования и оптимизации программных компонентов робота;
- методами построения цифровых двойников для предварительного тестирования алгоритмов;
- инструментами документирования и сопровождения архитектуры робототехнического комплекса.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 7 з.е. (252 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	
		№6	№7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	176	112	64
В том числе:			
Занятия лекционного типа	80	48	32
Занятия семинарского типа	96	64	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 76 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 ROS 2: DDS, ноды, топики и сервисы Рассматриваемые вопросы: - Основные компоненты архитектуры ROS 2; - Механизм обмена сообщениями в ROS 2; - Роль DDS в обеспечении коммуникации между нодами.
2	Установка и настройка ROS 2 в Linux Рассматриваемые вопросы: - Шаги установки ROS 2 на Ubuntu;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Настройка окружения для работы с ROS 2; - Проверка корректности установки ROS 2.
3	Основы C++ и Python в контексте ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Особенности использования C++ и Python в разработке под ROS 2; - Преимущества и недостатки каждого языка в контексте ROS 2; - Как выбрать подходящий язык для конкретной задачи в ROS.
4	Создание и компиляция ROS 2-пакетов Рассматриваемые вопросы: - Структура пакета в ROS 2; - Создание нового пакета и компиляция с помощью colcon; - Файлы, необходимые для успешной сборки пакета.
5	Ноды и взаимодействие между ними Рассматриваемые вопросы: - Понятие ноды в ROS 2 и её роль; - Взаимодействие между нодами через топики и сервисы; - Эффективная коммуникация между несколькими нодами.
6	Работа с топиками: публикация и подписка Рассматриваемые вопросы: - Создание публичера и сабскрайбера в ROS 2; - Работа с различными типами сообщений в топиках; - Отладка и мониторинг трафика в топиках.
7	Сервисы и действия (Actions) в ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Разница между сервисами и действиями в ROS 2; - Реализация сервиса и клиента в ROS 2; - Использование действий для длительных операций.
8	Работа с параметрами в ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Определение и использование параметров в нодах ROS 2; - Динамическое изменение параметров во время выполнения; - Сохранение и загрузка параметров.
9	Использование Launch-файлов Рассматриваемые вопросы: - Структура Launch-файла в ROS 2; - Запуск нескольких нод с помощью одного Launch-файла; - Передача параметров через Launch-файл.
10	Описание и использование сообщений в ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Основные типы сообщений в ROS 2; - Создание и использование кастомных сообщений; - Взаимодействие между нодами через сообщения.
11	Отладка и мониторинг работы ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Использование инструментов для отладки в ROS 2; - Мониторинг состояния нод и топиков; - Просмотр логов и анализ ошибок.
12	Взаимодействие с внешними системами через ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Интеграция ROS 2 с внешними устройствами и системами;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Использование ROS 2 для взаимодействия с датчиками и исполнительными механизмами; - Примеры взаимодействия с внешними протоколами.
13	Тестирование и юнит-тесты в ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Роль тестирования в разработке под ROS 2; - Создание и запуск юнит-тестов для нод; - Инструменты для тестирования в ROS 2.
14	Сетевые аспекты и коммуникация между нодами Рассматриваемые вопросы: - Как ROS 2 использует сетевые технологии для обмена данными; - Роль DDS в организации сетевых взаимодействий; - Настройка сетевых параметров ROS 2.
15	Использование параметрических и конфигурационных файлов Рассматриваемые вопросы: - Как создавать и использовать конфигурационные файлы в ROS 2; - Пример использования YAML-файлов для конфигурации; - Согласование параметров с различными нодами.
16	Реализация алгоритмов управления роботами в ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Применение ROS 2 для реализации базовых алгоритмов управления; - Использование контроллеров и планировщиков в ROS 2; - Реализация алгоритмов движения для мобильных роботов.
17	Взаимодействие с сенсорами и актуаторами через ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Интеграция сенсоров в систему ROS 2; - Управление актуаторами через топики и сервисы; - Работа с данными от сенсоров в реальном времени.
18	Безопасность и устойчивость в ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Проблемы безопасности при разработке с ROS 2; - Методы защиты данных и механизмов связи; - Устойчивость системы в случае отказов нод.
19	Реализация движения с помощью ROS 2 для мобильных роботов Рассматриваемые вопросы: - Использование ROS 2 для планирования пути и движения; - Реализация алгоритмов для избегания препятствий; - Интеграция с навигационными системами.
20	Применение ROS 2 в автономных транспортных системах Рассматриваемые вопросы: - Разработка автономных транспортных решений с использованием ROS 2; - Интеграция с системами восприятия и управления движением; - Пример реализации транспортного робота в ROS 2.
21	Использование и настройка векторных данных в ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Применение векторных данных для планирования движения; - Взаимодействие с картами и пространственными данными; - Интеграция с системами GPS и SLAM.
22	Параллельное выполнение задач и многозадачность в ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Принципы многозадачности в ROS 2;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Использование многозадачных алгоритмов в роботах; - Реализация асинхронных операций в ROS 2.
23	Подключение и настройка симуляторов для ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Как настроить Gazebo для работы с ROS 2; - Использование виртуальных роботов в симуляции; - Проверка алгоритмов на моделях в симуляторах.
24	Реализация системы управления складом с использованием ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Организация системы управления движением на складе; - Взаимодействие роботов и систем складского учета через ROS 2; - Примеры применения ROS 2 в автоматизированных складах.
25	Обработка больших данных и машинное обучение в ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Интеграция с алгоритмами машинного обучения; - Применение ROS 2 для обработки больших объемов данных; - Пример использования обучающих алгоритмов для автономных систем.
26	Работа с ROS 2 в промышленной робототехнике Рассматриваемые вопросы: - Как ROS 2 используется для управления промышленными роботами; - Применение ROS 2 в автоматизированных производственных линиях; - Особенности работы ROS 2 с роботами на производстве.
27	Организация рабочих процессов в ROS 2 с использованием CI/CD Рассматриваемые вопросы: - Введение в автоматизацию рабочего процесса с ROS 2; - Настройка CI/CD для разработки под ROS 2; - Использование Jenkins и GitHub Actions в ROS 2.
28	Реализация системы мониторинга и диагностики роботов с использованием ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Как настроить мониторинг работы робота через ROS 2; - Диагностика ошибок и состояния системы; - Применение ROS 2 для анализа и отчетности.
29	Внедрение ROS 2 в реальную промышленную среду Рассматриваемые вопросы: - Интеграция с промышленным оборудованием; - Обеспечение устойчивости и надежности систем на базе ROS 2; - Примеры успешных внедрений в реальных условиях.
30	Разработка приложений для взаимодействия с ROS 2 через веб-интерфейсы Рассматриваемые вопросы: - Создание RESTful API для ROS 2; - Разработка веб-интерфейсов для мониторинга и управления; - Интеграция ROS 2 с веб-серверами.
31	Использование многогранных датчиков и сенсоров с ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Как интегрировать различные типы датчиков в систему ROS 2; - Применение ROS 2 для получения данных с сенсоров в реальном времени; - Организация потоков данных от различных сенсоров.
32	Оптимизация работы с ROS 2 для робототехнических приложений Рассматриваемые вопросы: - Методики оптимизации работы ROS 2 на роботах;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Снижение нагрузки на систему при реальном времени; - Настройка ROS 2 для работы в ограниченных условиях (например, низкая пропускная способность).
33	Применение ROS 2 в роботах для сельского хозяйства Рассматриваемые вопросы: - Использование ROS 2 для автоматизации процессов в сельском хозяйстве; - Реализация системы мониторинга и контроля на сельскохозяйственном оборудовании; - Примеры автономных сельскохозяйственных роботов на базе ROS 2.
34	Проблемы и перспективы развития ROS 2 в робототехнике Рассматриваемые вопросы: - Текущие проблемы, с которыми сталкивается ROS 2; - Потенциал для улучшения и внедрения новых технологий в ROS 2; - Перспективы развития ROS 2 в робототехнике на ближайшие годы.
35	ROS 2 в контексте глобальной экосистемы умных городов Рассматриваемые вопросы: - Использование ROS 2 в роботах для умных городов; - Интеграция ROS 2 с городской инфраструктурой; - Применение ROS 2 для автоматизации городских процессов.
36	Применение ROS 2 в медицине и уходе за больными Рассматриваемые вопросы: - Интеграция ROS 2 в медицинскую робототехнику; - Разработка роботов для ухода за больными и стариками на базе ROS 2; - Примеры успешных применений в медицинской области.
37	Разработка и тестирование роботов с ROS 2 в критических условиях Рассматриваемые вопросы: - Использование ROS 2 для разработки роботов для работы в экстремальных условиях; - Тестирование и отладка роботов в критических ситуациях; - Особенности работы с ROS 2 в таких областях, как космос и подводные исследования.
38	Роль ROS 2 в образовании и научных исследованиях Рассматриваемые вопросы: - Использование ROS 2 в университетах и лабораториях; - Преимущества ROS 2 для исследовательской работы в области робототехники; - Примеры научных исследований с использованием ROS 2.
39	Создание и развертывание роботов с ROS 2 в условиях ограниченных ресурсов Рассматриваемые вопросы: - Оптимизация работы ROS 2 для мобильных и миниатюрных роботов; - Работа с ограниченными вычислительными мощностями; - Применение ROS 2 в роботах с ограниченными энергетическими ресурсами.
40	Мобильные роботы и автономные системы с использованием ROS 2 Рассматриваемые вопросы: - Применение ROS 2 в мобильных роботах; - Реализация автономного передвижения и навигации; - Примеры использования ROS 2 в транспортных системах.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Установка ROS 2 и настройка окружения В результате выполнения практического задания студенты установят дистрибутив ROS 2, настроят рабочее окружение и проверят корректность установки.
2	Работа с ROS 2 CLI В результате выполнения практического задания студенты освоят базовые команды ROS 2 CLI для запуска узлов, работы с топиками и сервисами.
3	Создание рабочего пространства и пакета В результате выполнения практического задания студенты создадут новое workspace-пространство и разработают первый ROS 2-пакет.
4	Написание узлов на Python В результате выполнения практического задания студенты разработают и протестируют простой узел на Python.
5	Написание узлов на C++ В результате выполнения практического задания студенты напишут аналогичный узел на C++ и сравнят реализацию с Python.
6	Подписчики и публикация сообщений В результате выполнения практического задания студенты реализуют простую коммуникацию между узлами с помощью топиков.
7	Использование стандартных сообщений В результате выполнения практического задания студенты создадут систему, использующую стандартные типы сообщений ROS 2.
8	Создание пользовательского типа сообщения В результате выполнения практического задания студенты разработают собственный формат сообщения и интегрируют его в ROS 2.
9	Создание и использование сервисов В результате выполнения практического задания студенты реализуют сервисный узел и клиент для обработки запроса.
10	Использование действий (Action) В результате выполнения практического задания студенты создадут Action-сервер и клиента, реализующего долгосрочную задачу.
11	Работа с параметрами В результате выполнения практического задания студенты научатся использовать параметры для управления поведением узла.
12	Разработка launch-файлов В результате выполнения практического задания студенты создадут launch-файлы для запуска нескольких узлов.
13	Использование rqt и rqt_graph В результате выполнения практического задания студенты визуализируют структуру узлов и связей в ROS 2.
14	Работа с RViz2 В результате выполнения практического задания студенты визуализируют данные сенсоров и поведение робота.
15	Симуляция робота в Gazebo В результате выполнения практического задания студенты запустят виртуальную модель робота в симуляторе Gazebo.
16	Подключение и управление сервоприводом В результате выполнения практического задания студенты научатся управлять сервомотором с помощью ROS 2.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
17	Работа с лазерным дальномером В результате выполнения практического задания студенты подключат LiDAR и визуализируют его данные в RViz2.
18	Создание модели робота в URDF В результате выполнения практического задания студенты разработают URDF-модель мобильного робота.
19	Использование xacro для параметризации URDF В результате выполнения практического задания студенты преобразуют URDF в xacro для более гибкой настройки.
20	Имитация мобильной платформы В результате выполнения практического задания студенты реализуют и протестируют передвижение виртуального робота.
21	Настройка SLAM на мобильном роботе В результате выполнения практического задания студенты запустят алгоритм построения карты на основе сенсоров.
22	Навигация и планирование траектории В результате выполнения практического задания студенты реализуют автоматическую навигацию по карте.
23	Работа с камерой и потоковым видео В результате выполнения практического задания студенты подключат камеру и передадут изображение в RViz2.
24	Обработка изображений с камеры В результате выполнения практического задания студенты реализуют простой фильтр обработки изображения.
25	Управление роботом через джойстик В результате выполнения практического задания студенты подключат джойстик и настроят управление через него.
26	Управление роботом по Wi-Fi В результате выполнения практического задания студенты обеспечат удалённое управление по беспроводной сети.
27	Интеграция ROS 2 и Arduino В результате выполнения практического задания студенты создадут мост между ROS 2 и Arduino-устройством.
28	ROS 2 Bridge: взаимодействие с ROS 1 В результате выполнения практического задания студенты установят bridge и наладят взаимодействие между системами ROS.
29	Реализация PID-регулятора В результате выполнения практического задания студенты реализуют узел управления на основе ПИД-регулятора.
30	Сбор данных и логирование В результате выполнения практического задания студенты настроят систему логирования сообщений и анализ данных.
31	Создание карты склада с помощью SLAM В результате выполнения практического задания студенты построят карту помещения и выделят рабочую область.
32	Построение маршрутов для робота-курьера В результате выполнения практического задания студенты зададут цели и реализуют движение между ними.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
33	Обнаружение препятствий и реакция В результате выполнения практического задания студенты реализуют реакцию робота на появление препятствий.
34	Распознавание объектов в изображении В результате выполнения практического задания студенты внедрят элемент ИИ в систему ROS 2 с использованием OpenCV.
35	Управление манипулятором В результате выполнения практического задания студенты разработают управление однозвенным манипулятором в симуляторе.
36	Работа с библиотекой MoveIt 2 В результате выполнения практического задания студенты подключат MoveIt 2 и реализуют планирование движения.
37	Оптимизация архитектуры узлов В результате выполнения практического задания студенты разнесут функциональные блоки по разным узлам и измерят производительность.
38	Использование ROS 2 Lifecycle В результате выполнения практического задания студенты внедрят управление жизненным циклом узлов.
39	Работа с DDS и настройка QoS В результате выполнения практического задания студенты изменят политику доставки сообщений и исследуют поведение системы.
40	Создание цифрового двойника мобильного робота В результате выполнения практического задания студенты разработают цифровой двойник и симулируют его поведение.
41	Работа с ROS 2 на Jetson Nano В результате выполнения практического задания студенты установят ROS 2 и запустят проект на встраиваемой платформе.
42	Интеграция ROS 2 и MQTT В результате выполнения практического задания студенты наладят взаимодействие ROS 2 с облачным брокером MQTT.
43	Разработка интерфейса управления на Python В результате выполнения практического задания студенты создадут простое GUI-приложение для управления роботом.
44	Имитация логистической задачи на складе В результате выполнения практического задания студенты запрограммируют имитацию доставки товара в виртуальной среде.
45	Интеграция ROS 2 с Docker В результате выполнения практического задания студенты создадут и протестируют контейнер с узлом ROS 2.
46	Реализация отказоустойчивой архитектуры В результате выполнения практического задания студенты внедрят механизмы самоперезапуска и изоляции узлов.
47	Настройка CI/CD для ROS 2 проекта В результате выполнения практического задания студенты настроят автоматическую сборку и тестирование кода.
48	Финальный проект: автономный мобильный робот для склада В результате выполнения практического задания студенты объединят полученные знания для создания законченной системы.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение дополнительной литературы
2	Подготовка к практическим занятиям
3	Подготовка к промежуточной аттестации
4	Подготовка к текущему контролю
5	Выполнение курсового проекта.
6	Подготовка к промежуточной аттестации.
7	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

- Разработка системы автономной навигации мобильного робота с использованием ROS 2 и SLAM;
- Сравнительный анализ производительности узлов ROS 2 на Python и C++;
- Реализация системы управления роботом-манипулятором с помощью MoveIt 2;
- Разработка веб-интерфейса для мониторинга ROS 2 через REST API;
- Оптимизация QoS в распределенных ROS 2 системах;
- Создание цифрового двойника складского робота в Gazebo;
- Интеграция ROS 2 с микроконтроллерами Arduino для управления сенсорами;
- Реализация системы избегания препятствий на основе ИИ и OpenCV;
- Настройка CI/CD для проекта ROS 2 с использованием GitHub Actions;
- Анализ безопасности ROS 2: шифрование сообщений и аутентификация узлов;
- Разработка мультиагентной системы для координации роботов на складе;
- Оптимизация энергопотребления ROS 2 на встраиваемых платформах (Jetson Nano);
- Реализация ПИД-регулятора для точного позиционирования мобильного робота;
- Интеграция ROS 2 с облачными сервисами (MQTT + AWS IoT);
- Создание системы диагностики робота на основе анализа логов ROS 2;

- Разработка ROS 2-узла для распознавания объектов с использованием YOLO;

- Сравнение ROS 1 и ROS 2: миграция проекта и использование ROS 2 Bridge;

Реализация жизненного цикла узлов (Lifecycle) для отказоустойчивых систем;

- Применение ROS 2 в сельскохозяйственных роботах: мониторинг и автоматизация;

- Разработка голосового управления роботом через интеграцию ROS 2 и NLP-сервисов.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Джозеф, Л. Изучение робототехники с помощью Python / Л. Джозеф ; перевод с английского А. В. Корягина. — Москва : ДМК Пресс, 2019. — 250 с. — ISBN 978-5-97060-749-7.	URL: https://e.lanbook.com/book/123716 (дата обращения: 14.05.2025). — Текст: электронный.
2	Шаошань, Л. Разработка беспилотных транспортных средств / Л. Шаошань ; научный редактор В. С. Яценков ; перевод с английского П. М. Бомбаковой. — Москва : ДМК Пресс, 2021. — 246 с. — ISBN 978-5-97060-969-9.	URL: https://e.lanbook.com/book/240956 (дата обращения: 14.05.2025). — Текст: электронный.
3	Макаров, Л. М. Проектирование беспилотных транспортных средств : учебное пособие / Л. М. Макаров. — Санкт-Петербург : СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2023. — 107 с.	URL: https://e.lanbook.com/book/381488 (дата обращения: 14.05.2025). — Текст: электронный.
4	Белл, Ч. MicroPython для микроконтроллеров и проектов IoT : руководство / Ч. Белл ; перевод с английского Ю. В. Ревича. — Москва : ДМК Пресс, 2025. — 498 с. — ISBN 978-5-93700-312-6.	URL: https://e.lanbook.com/book/464288 (дата обращения: 14.05.2025). — Текст: электронный.
5	Елисеев, А. И. Основы администрирования и системного программирования в операционной системе Linux : учебное пособие : в 2 частях / А. И. Елисеев, А. В. Яковлев, А. С. Дерябин. — Тамбов : ТГТУ, 2020 — Часть 1 — 2020. — 82 с. — ISBN 978-5-8265-2248-6.	URL: https://e.lanbook.com/book/320294 (дата обращения: 14.05.2025). — Текст: электронный.

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/>);
Электронно-библиотечная система ibooks.ru (<http://ibooks.ru/>);
Электронная библиотека УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте (<https://umczdt.ru/books/>).

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;
Операционная система Linux Ubuntu;
Microsoft Office;
Компас 3D;
CopelliaSim;
VS 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 6 семестре.
Зачет в 6, 7 семестрах.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

заведующий кафедрой, доцент, к.н.
кафедры «Наземные транспортно-
технологические средства»

менеджер

П.А. Григорьев

А.А. Кочурков

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

Председатель учебно-методической
комиссии

П.А. Григорьев

С.В. Володин