

**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 автоматизации, 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
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Настройка окружения для работы с ROS 2;</li> <li>- Проверка корректности установки ROS 2.</li> </ul>
3	<b>Основы C++ и Python в контексте ROS 2</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Особенности использования C++ и Python в разработке под ROS 2;</li> <li>- Преимущества и недостатки каждого языка в контексте ROS 2;</li> <li>- Как выбрать подходящий язык для конкретной задачи в ROS.</li> </ul>
4	<b>Создание и компиляция ROS 2-пакетов</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Структура пакета в ROS 2;</li> <li>- Создание нового пакета и компиляция с помощью colcon;</li> <li>- Файлы, необходимые для успешной сборки пакета.</li> </ul>
5	<b>Ноды и взаимодействие между ними</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Понятие ноды в ROS 2 и её роль;</li> <li>- Взаимодействие между нодами через топики и сервисы;</li> <li>- Эффективная коммуникация между несколькими нодами.</li> </ul>
6	<b>Работа с топиками: публикация и подписка</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Создание публичера и сабскрайбера в ROS 2;</li> <li>- Работа с различными типами сообщений в топиках;</li> <li>- Отладка и мониторинг трафика в топиках.</li> </ul>
7	<b>Сервисы и действия (Actions) в ROS 2</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Разница между сервисами и действиями в ROS 2;</li> <li>- Реализация сервиса и клиента в ROS 2;</li> <li>- Использование действий для длительных операций.</li> </ul>
8	<b>Работа с параметрами в ROS 2</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Определение и использование параметров в нодах ROS 2;</li> <li>- Динамическое изменение параметров во время выполнения;</li> <li>- Сохранение и загрузка параметров.</li> </ul>
9	<b>Использование Launch-файлов</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Структура Launch-файла в ROS 2;</li> <li>- Запуск нескольких нод с помощью одного Launch-файла;</li> <li>- Передача параметров через Launch-файл.</li> </ul>
10	<b>Описание и использование сообщений в ROS 2</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основные типы сообщений в ROS 2;</li> <li>- Создание и использование кастомных сообщений;</li> <li>- Взаимодействие между нодами через сообщения.</li> </ul>
11	<b>Отладка и мониторинг работы ROS 2</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование инструментов для отладки в ROS 2;</li> <li>- Мониторинг состояния нод и топиков;</li> <li>- Просмотр логов и анализ ошибок.</li> </ul>
12	<b>Взаимодействие с внешними системами через ROS 2</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Интеграция ROS 2 с внешними устройствами и системами;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование ROS 2 для взаимодействия с датчиками и исполнительными механизмами;</li> <li>- Примеры взаимодействия с внешними протоколами.</li> </ul>
13	<p><b>Тестирование и юнит-тесты в ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Роль тестирования в разработке под ROS 2;</li> <li>- Создание и запуск юнит-тестов для нод;</li> <li>- Инструменты для тестирования в ROS 2.</li> </ul>
14	<p><b>Сетевые аспекты и коммуникация между нодами</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Как ROS 2 использует сетевые технологии для обмена данными;</li> <li>- Роль DDS в организации сетевых взаимодействий;</li> <li>- Настройка сетевых параметров ROS 2.</li> </ul>
15	<p><b>Использование параметрических и конфигурационных файлов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Как создавать и использовать конфигурационные файлы в ROS 2;</li> <li>- Пример использования YAML-файлов для конфигурации;</li> <li>- Согласование параметров с различными нодами.</li> </ul>
16	<p><b>Реализация алгоритмов управления роботами в ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Применение ROS 2 для реализации базовых алгоритмов управления;</li> <li>- Использование контроллеров и планировщиков в ROS 2;</li> <li>- Реализация алгоритмов движения для мобильных роботов.</li> </ul>
17	<p><b>Взаимодействие с сенсорами и актуаторами через ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Интеграция сенсоров в систему ROS 2;</li> <li>- Управление актуаторами через топики и сервисы;</li> <li>- Работа с данными от сенсоров в реальном времени.</li> </ul>
18	<p><b>Безопасность и устойчивость в ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Проблемы безопасности при разработке с ROS 2;</li> <li>- Методы защиты данных и механизмов связи;</li> <li>- Устойчивость системы в случае отказов нод.</li> </ul>
19	<p><b>Реализация движения с помощью ROS 2 для мобильных роботов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование ROS 2 для планирования пути и движения;</li> <li>- Реализация алгоритмов для избегания препятствий;</li> <li>- Интеграция с навигационными системами.</li> </ul>
20	<p><b>Применение ROS 2 в автономных транспортных системах</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Разработка автономных транспортных решений с использованием ROS 2;</li> <li>- Интеграция с системами восприятия и управления движением;</li> <li>- Пример реализации транспортного робота в ROS 2.</li> </ul>
21	<p><b>Использование и настройка векторных данных в ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Применение векторных данных для планирования движения;</li> <li>- Взаимодействие с картами и пространственными данными;</li> <li>- Интеграция с системами GPS и SLAM.</li> </ul>
22	<p><b>Параллельное выполнение задач и многозадачность в ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Принципы многозадачности в ROS 2;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование многозадачных алгоритмов в роботах;</li> <li>- Реализация асинхронных операций в ROS 2.</li> </ul>
23	<p><b>Подключение и настройка симуляторов для ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Как настроить Gazebo для работы с ROS 2;</li> <li>- Использование виртуальных роботов в симуляции;</li> <li>- Проверка алгоритмов на моделях в симуляторах.</li> </ul>
24	<p><b>Реализация системы управления складом с использованием ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Организация системы управления движением на складе;</li> <li>- Взаимодействие роботов и систем складского учета через ROS 2;</li> <li>- Примеры применения ROS 2 в автоматизированных складах.</li> </ul>
25	<p><b>Обработка больших данных и машинное обучение в ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Интеграция с алгоритмами машинного обучения;</li> <li>- Применение ROS 2 для обработки больших объемов данных;</li> <li>- Пример использования обучающих алгоритмов для автономных систем.</li> </ul>
26	<p><b>Работа с ROS 2 в промышленной робототехнике</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Как ROS 2 используется для управления промышленными роботами;</li> <li>- Применение ROS 2 в автоматизированных производственных линиях;</li> <li>- Особенности работы ROS 2 с роботами на производстве.</li> </ul>
27	<p><b>Организация рабочих процессов в ROS 2 с использованием CI/CD</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Введение в автоматизацию рабочего процесса с ROS 2;</li> <li>- Настройка CI/CD для разработки под ROS 2;</li> <li>- Использование Jenkins и GitHub Actions в ROS 2.</li> </ul>
28	<p><b>Реализация системы мониторинга и диагностики роботов с использованием ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Как настроить мониторинг работы робота через ROS 2;</li> <li>- Диагностика ошибок и состояния системы;</li> <li>- Применение ROS 2 для анализа и отчетности.</li> </ul>
29	<p><b>Внедрение ROS 2 в реальную промышленную среду</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Интеграция с промышленным оборудованием;</li> <li>- Обеспечение устойчивости и надежности систем на базе ROS 2;</li> <li>- Примеры успешных внедрений в реальных условиях.</li> </ul>
30	<p><b>Разработка приложений для взаимодействия с ROS 2 через веб-интерфейсы</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Создание RESTful API для ROS 2;</li> <li>- Разработка веб-интерфейсов для мониторинга и управления;</li> <li>- Интеграция ROS 2 с веб-серверами.</li> </ul>
31	<p><b>Использование многогранных датчиков и сенсоров с ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Как интегрировать различные типы датчиков в систему ROS 2;</li> <li>- Применение ROS 2 для получения данных с сенсоров в реальном времени;</li> <li>- Организация потоков данных от различных сенсоров.</li> </ul>
32	<p><b>Оптимизация работы с ROS 2 для робототехнических приложений</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Методики оптимизации работы ROS 2 на роботах;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Снижение нагрузки на систему при реальном времени;</li> <li>- Настройка ROS 2 для работы в ограниченных условиях (например, низкая пропускная способность).</li> </ul>
33	<p><b>Применение ROS 2 в роботах для сельского хозяйства</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование ROS 2 для автоматизации процессов в сельском хозяйстве;</li> <li>- Реализация системы мониторинга и контроля на сельскохозяйственном оборудовании;</li> <li>- Примеры автономных сельскохозяйственных роботов на базе ROS 2.</li> </ul>
34	<p><b>Проблемы и перспективы развития ROS 2 в робототехнике</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Текущие проблемы, с которыми сталкивается ROS 2;</li> <li>- Потенциал для улучшения и внедрения новых технологий в ROS 2;</li> <li>- Перспективы развития ROS 2 в робототехнике на ближайшие годы.</li> </ul>
35	<p><b>ROS 2 в контексте глобальной экосистемы умных городов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование ROS 2 в роботах для умных городов;</li> <li>- Интеграция ROS 2 с городской инфраструктурой;</li> <li>- Применение ROS 2 для автоматизации городских процессов.</li> </ul>
36	<p><b>Применение ROS 2 в медицине и уходе за больными</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Интеграция ROS 2 в медицинскую робототехнику;</li> <li>- Разработка роботов для ухода за больными и стариками на базе ROS 2;</li> <li>- Примеры успешных применений в медицинской области.</li> </ul>
37	<p><b>Разработка и тестирование роботов с ROS 2 в критических условиях</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование ROS 2 для разработки роботов для работы в экстремальных условиях;</li> <li>- Тестирование и отладка роботов в критических ситуациях;</li> <li>- Особенности работы с ROS 2 в таких областях, как космос и подводные исследования.</li> </ul>
38	<p><b>Роль ROS 2 в образовании и научных исследованиях</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Использование ROS 2 в университетах и лабораториях;</li> <li>- Преимущества ROS 2 для исследовательской работы в области робототехники;</li> <li>- Примеры научных исследований с использованием ROS 2.</li> </ul>
39	<p><b>Создание и развертывание роботов с ROS 2 в условиях ограниченных ресурсов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Оптимизация работы ROS 2 для мобильных и миниатюрных роботов;</li> <li>- Работа с ограниченными вычислительными мощностями;</li> <li>- Применение ROS 2 в роботах с ограниченными энергетическими ресурсами.</li> </ul>
40	<p><b>Мобильные роботы и автономные системы с использованием ROS 2</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Применение ROS 2 в мобильных роботах;</li> <li>- Реализация автономного передвижения и навигации;</li> <li>- Примеры использования ROS 2 в транспортных системах.</li> </ul>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<b>Установка ROS 2 и настройка окружения</b> В результате выполнения практического задания студенты установят дистрибутив ROS 2, настроят рабочее окружение и проверят корректность установки.
2	<b>Работа с ROS 2 CLI</b> В результате выполнения практического задания студенты освоят базовые команды ROS 2 CLI для запуска узлов, работы с топиками и сервисами.
3	<b>Создание рабочего пространства и пакета</b> В результате выполнения практического задания студенты создадут новое workspace-пространство и разработают первый ROS 2-пакет.
4	<b>Написание узлов на Python</b> В результате выполнения практического задания студенты разработают и протестируют простой узел на Python.
5	<b>Написание узлов на C++</b> В результате выполнения практического задания студенты напишут аналогичный узел на C++ и сравнят реализацию с Python.
6	<b>Подписчики и публикация сообщений</b> В результате выполнения практического задания студенты реализуют простую коммуникацию между узлами с помощью топиков.
7	<b>Использование стандартных сообщений</b> В результате выполнения практического задания студенты создадут систему, использующую стандартные типы сообщений ROS 2.
8	<b>Создание пользовательского типа сообщения</b> В результате выполнения практического задания студенты разработают собственный формат сообщения и интегрируют его в ROS 2.
9	<b>Создание и использование сервисов</b> В результате выполнения практического задания студенты реализуют сервисный узел и клиент для обработки запроса.
10	<b>Использование действий (Action)</b> В результате выполнения практического задания студенты создадут Action-сервер и клиента, реализующего долгосрочную задачу.
11	<b>Работа с параметрами</b> В результате выполнения практического задания студенты научатся использовать параметры для управления поведением узла.
12	<b>Разработка launch-файлов</b> В результате выполнения практического задания студенты создадут launch-файлы для запуска нескольких узлов.
13	<b>Использование rqt и rqt_graph</b> В результате выполнения практического задания студенты визуализируют структуру узлов и связей в ROS 2.
14	<b>Работа с RViz2</b> В результате выполнения практического задания студенты визуализируют данные сенсоров и поведение робота.
15	<b>Симуляция робота в Gazebo</b> В результате выполнения практического задания студенты запустят виртуальную модель робота в симуляторе Gazebo.
16	<b>Подключение и управление сервоприводом</b> 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	<b>Обнаружение препятствий и реакция</b> В результате выполнения практического задания студенты реализуют реакцию робота на появление препятствий.
34	<b>Распознавание объектов в изображении</b> В результате выполнения практического задания студенты внедрят элемент ИИ в систему ROS 2 с использованием OpenCV.
35	<b>Управление манипулятором</b> В результате выполнения практического задания студенты разработают управление однозвенным манипулятором в симуляторе.
36	<b>Работа с библиотекой MoveIt 2</b> В результате выполнения практического задания студенты подключат MoveIt 2 и реализуют планирование движения.
37	<b>Оптимизация архитектуры узлов</b> В результате выполнения практического задания студенты разнесут функциональные блоки по разным узлам и измерят производительность.
38	<b>Использование ROS 2 Lifecycle</b> В результате выполнения практического задания студенты внедрят управление жизненным циклом узлов.
39	<b>Работа с DDS и настройка QoS</b> В результате выполнения практического задания студенты изменят политику доставки сообщений и исследуют поведение системы.
40	<b>Создание цифрового двойника мобильного робота</b> В результате выполнения практического задания студенты разработают цифровой двойник и симулируют его поведение.
41	<b>Работа с ROS 2 на Jetson Nano</b> В результате выполнения практического задания студенты установят ROS 2 и запустят проект на встраиваемой платформе.
42	<b>Интеграция ROS 2 и MQTT</b> В результате выполнения практического задания студенты наладят взаимодействие ROS 2 с облачным брокером MQTT.
43	<b>Разработка интерфейса управления на Python</b> В результате выполнения практического задания студенты создадут простое GUI-приложение для управления роботом.
44	<b>Имитация логистической задачи на складе</b> В результате выполнения практического задания студенты запрограммируют имитацию доставки товара в виртуальной среде.
45	<b>Интеграция ROS 2 с Docker</b> В результате выполнения практического задания студенты создадут и протестируют контейнер с узлом ROS 2.
46	<b>Реализация отказоустойчивой архитектуры</b> В результате выполнения практического задания студенты внедрят механизмы самоперезапуска и изоляции узлов.
47	<b>Настройка CI/CD для ROS 2 проекта</b> В результате выполнения практического задания студенты настроят автоматическую сборку и тестирование кода.
48	<b>Финальный проект: автономный мобильный робот для склада</b> 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).

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/>);

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»

П.А. Григорьев

ассистент кафедры «Наземные  
транспортно-технологические  
средства»

А.А. Кочурков

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин