

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Навигация и управление перемещением

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: 10.06.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью изучения дисциплины (модуля) является:

- формирование компетенций в области проектирования, программирования и оптимизации систем навигации и управления движением робототехнических комплексов;
- освоение основных технологических средств для осуществления ориентации роботов в пространстве.

Задачами дисциплины (модуля) являются:

- получение комплексного представления о методах навигации роботов: от классических (SLAM, визуальная одометрия) до современных (ИИ-ориентированные подходы);
- формирование навыков работы с программными комплексами (ROS, Gazebo, MATLAB) для моделирования и реализации навигационных систем;
- формирование требований к аппаратной части (лидары, IMU, камеры) и программному обеспечению (алгоритмы PID, MPC, RRT*) для промышленных робототехнических комплексов;
- изучение современных тенденций в области навигации.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

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

ПК-3 - Способен разрабатывать проектную, конструкторскую, эксплуатационную и программную документацию на системы управления, приводы и информационно-измерительные подсистемы автоматизированных и роботизированных технологических комплексов;

ПК-4 - Способен организовывать и контролировать процессы производства, наладки, испытаний и ввода в эксплуатацию автоматизированных и роботизированных технологических комплексов, их узлов и агрегатов.

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

Владеть:

- навыками использования программного обеспечения ROS, Gazebo, MATLAB/Simulink;
- навыками применения OpenCV, PCL (Point Cloud Library);
- навыками калибровки сенсоров.

Знать:

- методы локализации и картографирования (SLAM, фильтр Калмана);
- алгоритмы управления: PID, MPC, обратная кинематика;
- типы сенсоров: лидары, IMU, камеры.

Уметь:

- настраивать навигационные системы для мобильных роботов;
- реализовывать алгоритмы управления в симуляторах и на реальном железе;
- анализировать и устранять ошибки в системах движения.

3. Объем дисциплины (модуля).**3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 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 №9
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	48	48
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
Занятия семинарского типа	32	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 60 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	Введение в навигацию роботов Рассматриваемые вопросы: - Классификация систем навигации: абсолютная, относительная, локальная, глобальная; - Примеры применения: AGV, дроны, подводные роботы. - Ключевые проблемы навигации: шумы сенсоров, динамическая среда.
2	Обратная кинематика манипуляторов во взаимодействии с подвижными объектами Рассматриваемые вопросы: - Решение обратной задачи для 6-осевых роботов. - Методы оптимизации: псевдообратная матрица Якоби. - Примеры в ROS MoveIt и MATLAB.
3	Сенсоры для навигации. Рассматриваемые вопросы: - Принципы работы лидаров, камер, IMU, GPS. - Сравнение точности и надежности сенсоров. - Калибровка и синхронизация данных от разных сенсоров.
4	Локализация и SLAM Рассматриваемые вопросы: - Алгоритмы SLAM: gmapping, Cartographer, ORB-SLAM3. - Роль ROS в реализации SLAM-систем. - Проблема дрейфа в одометрии и методы её компенсации.
5	Фильтр Калмана и его модификации Рассматриваемые вопросы: - Базовый фильтр Калмана: математическая модель. - Расширенный (EKF) и ансамблевый (EnKF) фильтры. - Применение в задачах локализации мобильных роботов.
6	Управление движением мобильных роботов Рассматриваемые вопросы: - Кинематика дифференциального привода. - Алгоритмы следования по траектории: Pure Pursuit, MPC. - Адаптация к изменяющимся условиям (скольжение, неровные поверхности).
7	PID-регуляторы в навигации Рассматриваемые вопросы: - Принцип работы PID: пропорциональная, интегральная, дифференциальная составляющие. - Настройка коэффициентов методом Циглера-Никольса. - Anti-windup механизмы для предотвращения перерегулирования.
8	Модель Predictive Control (MPC) Рассматриваемые вопросы: - Основы MPC: прогнозирование, оптимизация, обратная связь. - Применение для управления дронами и манипуляторами. - Сравнение с классическими методами (PID, LQR).
9	Визуальная одометрия Рассматриваемые вопросы: - Алгоритмы: ORB-SLAM, VINS-Fusion. - Обработка данных стереокамер и RGB-D сенсоров. - Проблемы при слабой освещенности и динамических объектах.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
10	Обратная кинематика манипуляторов во взаимодействии с подвижными объектами Рассматриваемые вопросы: - Решение обратной задачи для 6-осевых роботов. - Методы оптимизации: псевдообратная матрица Якоби. - Примеры в ROS MoveIt и MATLAB.
11	Навигация в динамических средах Рассматриваемые вопросы: - Алгоритмы избегания препятствий: D* Lite, RRT*. - Учет движения людей и других роботов. - Интеграция с системами безопасности (экстренная остановка).
12	Системы управления дронами Рассматриваемые вопросы: - Архитектура PX4 и ArduPilot. - Планирование маршрутов в 3D-пространстве. - Режимы полета: автономный, полуавтономный, ручной.
13	ИИ в навигации Рассматриваемые вопросы: - Deep Reinforcement Learning для планирования пути. - Нейросетевые модели для прогнозирования препятствий. - Кейсы: обучение робота в симуляторе и перенос на реальное железо.
14	Картографирование в 3D Рассматриваемые вопросы: - Использование лидаров Velodyne и RGB-D камер (Intel RealSense). - Алгоритмы обработки точечных облаков (PCL). - Применение в строительстве и инспекции объектов.
15	Безопасность навигационных систем Рассматриваемые вопросы: - Резервирование сенсоров и алгоритмов. - Обработка сбоев: переход на резервные системы. - Стандарты ISO 13849 для промышленных роботов.
16	Промышленное применение навигации Рассматриваемые вопросы: - Amazon Robotics: навигация в логистических центрах. - Boston Dynamics: перемещение в сложных ландшафтах. - Автономные погрузчики: Toyota, KION Group.
17	Будущее навигации Рассматриваемые вопросы: - Нейроморфные вычисления для ускорения алгоритмов. - Квантовые сенсоры: повышение точности измерений. - Этические аспекты автономных систем: ответственность за решения.

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Анализ систем навигации роботов В результате выполнения лабораторной работы студенты изучат классификацию систем навигации

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	(абсолютная, относительная, локальная) и проанализируют их применение в кейсах AGV, дронов и подводных роботов.
2	Калибровка и тестирование сенсоров В результате выполнения лабораторной работы студенты освоят методы калибровки лидара и камеры, а также изучат синхронизацию данных с IMU и GPS в симуляторе Gazebo.
3	Реализация SLAM-алгоритма В результате выполнения лабораторной работы студенты изучат настройку алгоритма gmapping в ROS для построения карты помещения на основе данных лидара.
4	Фильтрация данных с использованием фильтра Калмана В результате выполнения лабораторной работы студенты освоят реализацию расширенного фильтра Калмана (EKF) для локализации мобильного робота в MATLAB.
5	Управление дифференциальным приводом В результате выполнения лабораторной работы студенты изучат алгоритм Pure Pursuit и применят его для программирования движения робота по заданной траектории.
6	Решение обратной кинематики для манипулятора В результате выполнения лабораторной работы студенты освоят настройку ROS MoveIt для позиционирования схвата 6-осевого робота в заданной точке.
7	Настройка PID-регулятора для стабилизации угла В результате выполнения лабораторной работы студенты изучат принципы работы PID-регулятора и применят их для балансировки перевернутого маятника.
8	Применение MPC для управления дроном В результате выполнения лабораторной работы студенты освоят настройку Model Predictive Control (MPC) для стабилизации высоты квадрокоптера в MATLAB.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Визуальная одометрия на основе ORB-SLAM В результате выполнения практического задания студенты изучат обработку данных стереокамеры в ROS и построение траектории движения робота.
2	Алгоритм избегания препятствий RRT В результате выполнения практического задания студенты освоят интеграцию алгоритма RRT* в ROS Navigation Stack для мобильного робота в динамической среде.
3	Настройка автономного полета дрона в PX4 В результате выполнения практического задания студенты изучат программирование маршрутов для дрона в симуляторе Gazebo и анализ телеметрии.
4	Обучение RL-агента для навигации В результате выполнения практического задания студенты освоят тренировку нейросети для движения робота к цели без столкновений в симуляторе.
5	Создание 3D-карты с помощью лидара В результате выполнения практического задания студенты изучат обработку данных лидара Velodyne в PCL и визуализацию 3D-карты.
6	Анализ отказоустойчивости навигационной системы В результате выполнения практического задания студенты проанализируют переход на резервные системы при сбое GPS и оценят время реакции.
7	Разбор кейса: логистические роботы Amazon В результате выполнения практического задания студенты изучат архитектуру навигации роботов Amazon Robotics и выявят ключевые технологические решения.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
8	Проектирование системы навигации для Industry 5.0 В результате выполнения практического задания студенты разработают концепт автономного робота с использованием нейроморфных вычислений и оценят его перспективы.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Вычислительная геометрия. Алгоритмы и приложения / д. Б. Марк, Ч. Отфрид, в. К. Марк, О. Марк ; перевод с английского А. А. Слинкин. — 3-е изд. — Москва : ДМК Пресс, 2017. — 438 с. — ISBN 978-5-97060-406-9.	URL: https://e.lanbook.com/book/105833 (дата обращения: 06.05.2025). — Текст: электронный.
2	Шапиро, Л. Компьютерное зрение : учебное пособие / Л. Шапиро, Д. Стокман ; перевод с английского А. А. Богуславского под редакцией С. М. Соколова. — 5-е изд. (эл.). — Москва : Лаборатория знаний, 2024. — 763 с. — ISBN 978-5-93208-725-1.	URL: https://e.lanbook.com/book/417998 (дата обращения: 06.05.2025). — 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/>);

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;

Arduino IDE.

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

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

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 9 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

ассистент кафедры
«Робототехнические и
технологические комплексы на
транспорте»

А.А. Кочурков

заведующий кафедрой, доцент, к.н.
кафедры «Робототехнические и
технологические комплексы на
транспорте»

П.А. Григорьев

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической
комиссии

С.В. Володин