

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I» (ФГБОУ ВО ПГУПС)
Кафедра «Электрическая тяга»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Б1.О.35 «НАВИГАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ»

направления подготовки

15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

направленности (профиля)

«Автоматизация, робототехника и мехатроника»

Форма обучения - очная

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «Электрическая тяга»
Протокол № 6 от «30» января 2026 г.

Заведующий кафедрой
«Электрическая тяга»
«30» января 2026 г.

А.М. Евстафьев

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО
«30» января 2026 г.

А.Н. Сычугов

1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Навигация и управление перемещением» (Б1.О.37) (далее - дисциплина) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки/специальности 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» (далее - ФГОС ВО), утвержденного 17 августа 2020 г., приказ Минобрнауки России № 1046, с учетом профессионального стандарта 28.003 Профессиональный образовательный стандарт «Специалист по автоматизации и механизации механосборочного производства» утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 31 марта 2022 года № 190Н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации, регистрационный № 550).

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

Для достижения цели дисциплины решаются следующие задачи:

- получить комплексные представления о методах навигации роботов: от классических (SLAM, визуальная одометрия) до современных (ИИ-ориентированные подходы);
- формировать навыки работы с программными комплексами (ROS, Gazebo, MATLAB) для моделирования и реализации навигационных систем;
- формировать требования к аппаратной части (лидары, IMU, камеры) и программному обеспечению (алгоритмы PID, MPC, RRT*) для промышленных робототехнических комплексов;
- изучать современные тенденции в области навигации.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций и/или части компетенций. Сформированность компетенций и/или части компетенций оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
ПК-2 Способен внедрять средств автоматизации и механизации технологических процессов механосборочного производства.	
ПК-2.2.2 Умеет использовать текстовые редакторы (процессоры) и компьютерные программы для работы с графической информацией для оформления технических заданий на создание средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций.	Обучающийся: - умеет использовать текстовые редакторы (процессоры) и компьютерные программы для работы с графической информацией для оформления технических заданий на создание средств автоматизации и механизации технологических, подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных операций.
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-11.1.1 Знает алгоритмы и	Обучающийся:

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, цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем	- знает 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, цифровые алгоритмы и программы управления робототехнических систем
ОПК-12 Способен участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.	
ОПК-12.2.1 Умеет монтировать, наладивать, настраивать и сдавать в эксплуатацию опытные образцы мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей. ОПК-12.3.1 Владеет навыками монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.	Обучающийся: - умеет разрабатывать и собирать электрические схемы с использованием стандартных методов соединения. - владеет навыками отладки и настройки схем с использованием приборов для измерений и контроля различных величин.

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)».

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов
Контактная работа (по видам учебных занятий)	64
В том числе:	
– лекции (Л)	32
– практические занятия (ПЗ)	16
– лабораторные работы (ЛР)	16
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	76
Контроль	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)	3
Общая трудоемкость: час / з.е.	144 / 4

Примечание: «Форма контроля» - экзамен (Э), зачет (З), зачет с оценкой (З*), курсовой проект (КП), курсовая работа (КР)

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов Для очной формы обучения

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
1	Введение в навигацию роботов	Лекция 1. Классификация систем навигации: абсолютная, относительная, локальная, глобальная. Примеры применения: AGV, дроны, подводные роботы. Ключевые проблемы навигации: шумы сенсоров, динамическая среда.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
		Лабораторная работа. Анализ систем навигации роботов.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	
2	Сенсоры для навигации	Лекция 1. Принципы работы лидаров, камер, IMU, GPS. Сравнение точности и надежности сенсоров. Калибровка и синхронизация данных от разных сенсоров.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
		Лабораторная работа. Калибровка и тестирование сенсоров.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	
3	Локализация и SLAM	Лекция 1. Алгоритмы SLAM: gmapping, Cartographer, ORB-SLAM3. Роль ROS в реализации SLAM-систем. Проблема дрейфа в одометрии и методы ее компенсации.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
		Лабораторная работа. Реализация SLAM-алгоритма.	
		Практическое занятие 1. Визуальная одометрия на основе ORB-SLAM.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	
4	Фильтр Калмана и его модификации	Лекция 1. Базовый фильтр Калмана: математическая модель. Расширенный (EKF) и ансамблевый (EnKF) фильтры. Применение в задачах локализации мобильных роботов.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
		Лабораторная работа. Фильтрация данных с использованием фильтра Калмана.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	
5	Управление движением мобильных роботов	Лекция 1. Кинематика дифференциального привода. Алгоритмы следования по траектории: Pure Pursuit, MPC. Адаптация к изменяющимся условиям (скольжение, неровные поверхности).	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1

		Лабораторная работа. Управление дифференциальным приводом.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	
6	PID-регуляторы в навигации	Лекция 1. Принцип работы PID: пропорциональная, интегральная, дифференциальная составляющие. Настройка коэффициентов методом Циглера-Никольса. Anti-windup механизмы для предотвращения перерегулирования. Лабораторная работа. Настройка PID-регулятора для стабилизации угла. Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
7	Модель Predictive Control (MPC)	Лекция 1. Основы MPC: прогнозирование, оптимизация, обратная связь. Применение для управления дронами и манипуляторами. Сравнение с классическими методами (PID, LQR). Лабораторная работа. Применение MPC для управления дроном. Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
8	Визуальная одометрия	Лекция 1. Алгоритмы: ORB-SLAM, VINS-Fusion. Обработка данных стереокамер и RGB-D сенсоров. Проблемы при слабой освещенности и динамических объектах. Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
9	Обратная кинематика манипуляторов во взаимодействии с подвижными объектами	Лекция 1. Решение обратной задачи для 6-осевых роботов. Методы оптимизации: псевдообратная матрица Якоби. Примеры в ROS MoveIt и MATLAB. Лабораторная работа. Решение обратной кинематики для манипулятора. Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
10	Навигация в динамических средах	Лекция 1. Алгоритмы избегания препятствий: D* Lite, RRT*. Учет движения людей и других роботов. Интеграция с системами безопасности (экстренная остановка). Практическое занятие. Алгоритм избегания препятствий RRT. Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1

11	Системы управления дронами	Лекция 1. Архитектура PX4 и ArduPilot. Планирование маршрутов в 3D-пространстве. Режимы полета: автономный, полуавтономный, ручной.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
		Практическое занятие. Настройка автономного полета дрона в PX4.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	
12	ИИ в навигации	Лекция 1. Deep Reinforcement Learning для планирования пути. Нейросетевые модели для прогнозирования препятствий. Кейсы: обучение робота в симуляторе и перенос на реальное железо.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
		Практическое занятие. Обучение RL-агента для навигации.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	
13	Картографирование в 3D	Лекция 1. Использование лидаров Velodyne и RGB-D камер (Intel RealSense). Алгоритмы обработки точечных облаков (PCL). Применение в строительстве и инспекции объектов.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
		Практическое занятие. Создание 3D-карты с помощью лидара.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	
14	Безопасность навигационных систем	Лекция 1. Резервирование сенсоров и алгоритмов. Обработка сбоев: переход на резервные системы. Стандарты ISO 13849 для промышленных роботов.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
		Практическое занятие. Анализ отказоустойчивости навигационной системы.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	
15	Промышленное применение навигации	Лекция 1. Amazon Robotics: навигация в логистических центрах. Boston Dynamics: перемещение в сложных ландшафтах. Автономные погрузчики: Toyota, KION Group.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
		Практическое занятие. Разбор кейса: логистические роботы Amazon.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	
16	Будущее навигации	Лекция 1. Нейроморфные вычисления для ускорения алгоритмов. Квантовые сенсоры: повышение точности измерений. Этические аспекты автономных систем: ответственность за решения.	ПК-2.2.2 ОПК-11.1.1 ОПК-12.2.1 ОПК-12.3.1
		Практическое занятие. Проектирование	

		системы навигации для Industry 5.0.	
		Самостоятельная работа. Работа с источниками, приведенными в списке литературы.	

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий

Для очной формы обучения:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	Введение в навигацию роботов	2	-	2	2	6
2	Сенсоры для навигации	2	-	2	2	6
3	Локализация и SLAM	2	2	2	4	10
4	Фильтр Калмана и его модификации	2	-	2	6	10
5	Управление движением мобильных роботов	2	-	2	8	12
6	PID-регуляторы в навигации	2	-	2	8	12
7	Модель Predictive Control (MPC)	2	-	2	6	10
8	Визуальная одометрия	2	-	-	6	8
9	Обратная кинематика манипуляторов во взаимодействии с подвижными объектами	2	-	2	8	12
10	Навигация в динамических средах	2	2	-	6	10
11	Системы управления дронами	2	2	-	4	8
12	ИИ в навигации	2	2	-	4	8
13	Картографирование в 3D	2	2	-	4	8
14	Безопасность навигационных систем	2	2	-	4	8
15	Промышленное применение навигации	2	2	-	2	6
16	Будущее навигации	2	2	-	2	6
	Итого	32	16	16	76	140
Контроль						4
Всего (общая трудоемкость, час.)						144

6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине являются неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить

выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- MS Office;
- Операционная система Windows;
- Антивирус Касперского.

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Электронно-библиотечная система издательства «Лань». [Электронный ресурс]. - URL: <https://e.lanbook.com/> - Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронно-библиотечная система ibooks.ru («Айбукс»). - URL: <https://ibooks.ru/> - Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Электронная библиотека ЮРАЙТ. - URL: <https://urait.ru/> - Режим доступа: для авториз. пользователей;
- Единое окно доступа к образовательным ресурсам - каталог образовательных интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования». - URL: <http://window.edu.ru/> - Режим доступа: свободный.
- Словари и энциклопедии. - URL: <http://academic.ru/> - Режим доступа: свободный.
- Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» - это научная электронная библиотека, построенная на парадигме открытой науки (Open Science), основными задачами которой является популяризация науки и научной деятельности, общественный контроль качества научных публикаций, развитие междисциплинарных исследований, современного института научной рецензии и повышение цитируемости российской науки. - URL: <http://cyberleninka.ru/> - Режим доступа: свободный.

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

- Национальный Открытый Университет "ИНТУИТ". Бесплатное образование. [Электронный ресурс]. - URL: <https://intuit.ru/> - Режим доступа: свободный.

8.5. Перечень печатных и электронных изданий, используемых в образовательном процессе:

1. Марк Б., Отфрид Ч., Марк К., Марк О; перевод с английского Слинкин А.А. Вычислительная геометрия. Алгоритмы и приложения. 3-е изд. Москва: ДМК Пресс,

2017. - 438 с.

2. Стейпл Д., научный редактор Яценк В.С., перевод с английского Шевчук В.Е. Устройство и программирование автономных роботов. Проекты на Python и Raspberry Pi. Москва: ДМК Пресс, 2022. - 520 с

3. Попов Г.В. Микромеханические инерциальные датчики: учебное пособие. Москва: МГТУ им. Баумана, 2015. - 269 с.

4. Шапиро Л., перевод с английского Богуславского А.А. под редакцией Соколова С.М. Компьютерное зрение: учебное пособие. 5-е изд. (эл.). Москва: Лаборатория знаний, 2024. - 763 с.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

– Личный кабинет ЭИОС [Электронный ресурс]. - URL: my.pgups.ru - Режим доступа: для авториз. пользователей;

– Электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. - URL: <https://sdo.pgups.ru> - Режим доступа: для авториз. пользователей;

– Справочная правовая система КонсультантПлюс. - URL: <http://www.consultant.ru/> - Режим доступа: свободный.

Разработчик рабочей программы, доцент

А.Н. Сычугов

«30» января 2026 г.