

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 11.04.01 Радиотехника

Наименование образовательной программы: Радиотехнические системы

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
АВТОНОМНАЯ НАВИГАЦИЯ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01.01.03
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3; 3 семестр - 2; всего - 5
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 32 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 75,7 часа; 3 семестр - 35,7 часа; всего - 111,4 часов
в том числе на КП/КР	3 семестр - 35,7 часа;
Иная контактная работа	3 семестр - 4 часа;
включая:	
Проверочная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	2 семестр - 0,3 часа;
Защита курсового проекта	3 семестр - 0,3 часа; всего - 0,6 часа

Москва 2026

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Глухов О.В.
	Идентификатор	R5a634a8b-GlukhovOV-e664c6c7

О.В. Глухов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Комаров А.А.
	Идентификатор	R8495daf1-KomarovAIA-eada3f0e

А.А. Комаров

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Комаров А.А.
	Идентификатор	R8495daf1-KomarovAIA-eada3f0e

А.А. Комаров

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Дать обучающимся системное представление об основных задачах, методах, алгоритмических принципах и алгоритмах автономной навигации беспилотных систем, а также приёмах их математического моделирования для анализа и синтеза систем управления и навигации..

Задачи дисциплины

- Изучить основные подходы, методы и алгоритмы, используемые для автономной навигации беспилотных систем, включая управление движением, планирование маршрутов и уклонение от препятствий.;
- Освоить приёмы математического моделирования автономных систем для анализа их работы и синтеза оптимальных решений в условиях реальных ограничений.;
- Ознакомиться с современными технологиями интеграции сенсоров, исполнительных механизмов, систем навигации и связи в беспилотных системах.;
- Применить полученные знания и навыки для решения научных и практических задач, связанных с разработкой, внедрением и тестированием автономных беспилотных систем в условиях городской и промышленной инфраструктуры..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен разрабатывать и модернизировать радиоэлектронные системы	ИД-1 _{ПК-2} Разрабатывает структурные, функциональные и принципиальные схемы радиоэлектронных систем	знать: - Технологии интеграции сенсоров, исполнительных механизмов и модулей связи в беспилотных системах..
ПК-2 Способен разрабатывать и модернизировать радиоэлектронные системы	ИД-2 _{ПК-2} Использует средства компьютерного моделирования в целях модернизации и совершенствования радиоэлектронных систем	уметь: - Интегрировать сенсоры, исполнительные устройства и коммуникационные модули в единую систему..
РПК-1 Способен решать задачи цифровизации в своей профессиональной области	ИД-1 _{РПК-1} Знает средства программного моделирования и аппаратного макетирования области своей профессиональной деятельности	знать: - Основы математического моделирования для анализа и синтеза систем управления и навигации.;; - Алгоритмы и методы управления движением, уклонения от препятствий и планирования маршрутов.;; - Основные принципы и подходы к проектированию автономных навигационных систем..
РПК-1 Способен решать задачи цифровизации в своей профессиональной области	ИД-2 _{РПК-1} Владеет навыками программного моделирования, аппаратного макетирования и экспериментальных работ в области своей профессиональной	уметь: - Разрабатывать алгоритмы управления и навигации для беспилотных систем с использованием современных методов и подходов.;; - Применять математическое моделирование для оптимизации работы автономных систем..

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
	деятельности	

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Радиотехнические системы (далее – ОПОП), направления подготовки 11.04.01 Радиотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать высшую математику
- знать основы теории цепей
- знать физику
- знать информатику
- уметь читать и понимать материал на иностранном (английском) языке
- уметь использовать базовые алгоритмы обработки данных

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основы автономной навигации	37.7	2	6	-	6	-	-	-	-	-	25.7	-	<p><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Основы автономной навигации и методов планирования пути" <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы автономной навигации и методов планирования пути" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 31-50</p>
1.1	Основы кинематики колесных роботов. Интеграция сенсоров, исполнительных устройств и коммуникационных модулей в единую систему	19.7		2	-	2	-	-	-	-	-	15.7	-	
1.2	Детерминированные локальные алгоритмы автономной навигации	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	
2	Алгоритмы управления и планирования движения	28		4	-	4	-	-	-	-	-	20	-	
2.1	Глобальное планирование на основе графов	14		2	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
2.2	Оптимальное управление в планировании пути и траектории	14		2	-	2	-	-	-	-	-	10	-	
3	Реактивная навигация и децентрализованные	42		6	-	6	-	-	-	-	-	30	-	

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основы автономной навигации

1.1. Основы кинематики колесных роботов. Интеграция сенсоров, исполнительных устройств и коммуникационных модулей в единую систему

Понятие, основные задачи и концепции автономной навигации. Обзор и классификация подходов. Типы колесных роботов: дифференциальный привод, машиноподобные роботы, омнибильные системы. Сенсоры, исполнительные устройства и коммуникационные модули.

1.2. Детерминированные локальные алгоритмы автономной навигации

Группа Bug (алгоритмов автономной навигации для мобильных роботов) и её развитие. Поведенческий и картографический подходы. Типы карт: геометрические, структурно-логические, сетка занятости.. Клеточное разбиение: трапецеидальная декомпозиция, декомпозиция Морса, метод Brushfire. Дорожные карты: графы видимости, мозаика, граф Вороного, метод Форчуна.. Случайное и детерминированное сэмплирование: последовательности Халтона, Хаммерсли, сетка Сухарева. Инкрементальное сэмплирование и планирование.

2. Алгоритмы управления и планирования движения

2.1. Глобальное планирование на основе графов

Поиск в ширину и глубину, алгоритм Дейкстры, A*. Оптимальное планирование, дискретное динамическое программирование.

2.2. Оптимальное управление в планировании пути и траектории

Принцип максимума Понтрягина. Управление с прогнозирующими моделями.

3. Реактивная навигация и децентрализованные системы

3.1. Итерационное планирование и уклонение от препятствий

Методы гистограмм, динамического окна, отслеживания границы. Уклонение от динамических препятствий: метод пространственно-временного континуума.

3.2. Децентрализованная автономная навигация роботизированных ансамблей

Алгоритмы достижения консенсуса. Построение формаций, автономное покрытие областей.

3.3. Применение нейронных сетей

Нейронные сети для адаптивного управления.

3.3. Темы практических занятий

1. Применение нейронных сетей;
2. Децентрализованная автономная навигация роботизированных ансамблей;
3. Итерационное планирование и уклонение от препятствий;
4. Оптимальное управление в планировании пути и траектории;
5. Глобальное планирование на основе графов;
6. Детерминированные локальные алгоритмы автономной навигации;
7. Интеграция сенсоров, исполнительных устройств и коммуникационных модулей в

единую систему.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы автономной навигации и методов планирования пути"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Алгоритмы управления и планирования движения"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Реактивная навигация и децентрализованные системы"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ 3 Семестр

Курсовой проект (КП)

Темы:

- Реализация автономной навигации для беспилотных систем

График выполнения курсового проекта

Неделя	1 - 8	9 - 16	Зачетная
Раздел курсового проекта	1	2	Защита курсового проекта
Объем раздела, %	60	40	-
Выполненный объем нарастающим итогом, %	60	100	-

Номер раздела	Раздел курсового проекта
1	Написание отчета с описанием реализации проекта и пояснением кода
2	Защита проекта с демонстрацией работы системы

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
Знать:					
Технологии интеграции сенсоров, исполнительных механизмов и модулей связи в беспилотных системах.	ИД-1ПК-2	+			Проверочная работа/Основы автономной навигации и методы планирования пути
Основные принципы и подходы к проектированию автономных навигационных систем.	ИД-1РПК-1		+		Проверочная работа/Методы представления сцены и глобального планирования
Алгоритмы и методы управления движением, уклонения от препятствий и планирования маршрутов.	ИД-1РПК-1	+			Проверочная работа/Методы дорожной карты и сэмплирования для планирования пути
Основы математического моделирования для анализа и синтеза систем управления и навигации.	ИД-1РПК-1			+	Проверочная работа/Методы представления сцены и глобального планирования
Уметь:					
Интегрировать сенсоры, исполнительные устройства и коммуникационные модули в единую систему.	ИД-2ПК-2			+	Проверочная работа/Основы автономной навигации и методы планирования пути
Применять математическое моделирование для оптимизации работы автономных систем.	ИД-2РПК-1		+		Проверочная работа/Методы дорожной карты и сэмплирования для планирования пути
Разрабатывать алгоритмы управления и навигации для беспилотных систем с использованием современных методов и подходов.	ИД-2РПК-1			+	Проверочная работа/Основы автономной навигации и методы планирования пути

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы дорожной карты и сэмплирования для планирования пути (Проверочная работа)
2. Методы представления сцены и глобального планирования (Проверочная работа)
3. Основы автономной навигации и методы планирования пути (Проверочная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

Балльно-рейтинговая структура курсового проекта является приложением Б.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №2)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой составляющей

Курсовой проект (КП) (Семестр №3)

Итоговая оценка формируется на основе: 50% - промежуточная аттестация. Учитывается выполнение тестовых и письменных работ, демонстрация знаний и умений. 50% - курсовой проект. Учитывается качество выполнения проекта, успешность демонстрации результатов и защита проекта. Итоговая оценка может корректироваться преподавателем на основании общей активности и успеваемости студента.

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Демкин, Д. В. Разработка системы компьютерного зрения для управления беспилотным летательным аппаратом типа «квадрокоптер» : магистерская диссертация / Д. В. Демкин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ", Кафедра теоретической механики и мехатроники. – М., 2014. – 68 с. – фонд НЧЗ.

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=5875>;

2. Сайфутдинов, Р. М. Разработка автоматической системы позиционирования беспилотного летательного аппарата относительно движущегося объекта : магистерская диссертация / Р. М. Сайфутдинов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ", Кафедра вычислительных машин, систем и сетей (ВМСИС). – М., 2017. – 70 с. – диссертация только в электронном виде, для чтения перейдите в электронную библиотеку МЭИ.

<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=9892>;

3. Фетисов В. С., Неугодникова Л. М. - "Беспилотные авиационные системы: терминология, классификация, структура", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2024 - (132 с.)

<https://e.lanbook.com/book/422474>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Python;
3. ОС Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Б-318, Учебная аудитория	парта со скамьей, стул, стол письменный, доска меловая, доска маркерная, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-703/12, Лаборатория каф. "ФОРС"	стеллаж, стол, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, лабораторный стенд, оборудование специализированное, компьютер персональный, принтер, книги, учебники, пособия
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-400, Учебная аудитория "А"	парта, стул, доска меловая, экран интерактивный, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	Е-420/4, Компьютерно-вычислительная лаборатория	стол преподавателя, стол, стул, шкаф, вешалка для одежды, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Е-703/8, Кабинет сотрудников каф. "ФОРС"	кресло рабочее, стол, стул, шкаф для документов, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Е-704/14, Помещение каф. "ФОРС"	оборудование для экспериментов, запасные комплектующие для оборудования

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Автономная навигация беспилотных систем

(название дисциплины)

2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Основы автономной навигации и методы планирования пути (Проверочная работа)
 КМ-2 Методы представления сцены и глобального планирования (Проверочная работа)
 КМ-3 Методы дорожной карты и сэмплирования для планирования пути (Проверочная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	4	12	16
1	Основы автономной навигации				
1.1	Основы кинематики колесных роботов. Интеграция сенсоров, исполнительных устройств и коммуникационных модулей в единую систему		+		
1.2	Детерминированные локальные алгоритмы автономной навигации				+
2	Алгоритмы управления и планирования движения				
2.1	Глобальное планирование на основе графов				+
2.2	Оптимальное управление в планировании пути и траектории			+	
3	Реактивная навигация и децентрализованные системы				
3.1	Итерационное планирование и уклонение от препятствий			+	
3.2	Децентрализованная автономная навигация роботизированных ансамблей		+		
3.3	Применение нейронных сетей		+		
Вес КМ, %:			30	40	30

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

Вид промежуточной аттестации – .

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:
		Неделя

		KM:
		Бec KM, %:

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА/РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Автономная навигация беспилотных систем

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по курсовому проекту:

КМ-1 Проверка отчетного материала и кода студента

КМ-2 Защита проекта с демонстрацией работы системы

Вид промежуточной аттестации – защита КП.

Номер раздела	Раздел курсового проекта/курсовой работы	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
		Неделя КМ:	8	16
1	Написание отчета с описанием реализации проекта и пояснением кода		+	
2	Защита проекта с демонстрацией работы системы			+
Вес КМ, %:			60	40