

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО

Директор института магистратуры


И.В. Космачева
« 29 » 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор института

А.В. Белоусов
« 29 » 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

Автономная навигация мобильных роботов

направление подготовки:

15.04.06 Мехатроника и робототехника

профиль:

Робототехника и искусственный интеллект

Квалификация

Магистр

Форма обучения


Очная

Институт Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра: Программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

Белгород 2023

- Рабочая программа составлена на основании требований:
- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.06 – Мехатроника и робототехника, утвержденного приказа Минобрнауки России от 14 августа 2020 г. № 1023
 - учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2023 году.

Составитель (составители): к.ф-м.н., доцент  (С.В. Зуев)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 15 » 05 2023 г., протокол № 11

Заведующий кафедрой: к.т.н., доц.  (В.М. Поляков)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой

Заведующий кафедрой: д.т.н., доц.  (Дююн Т.А.)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 16 » 05 2023 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 29 » май 2023 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., доцент  (Семин)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции по типам задач профессиональной деятельности (проектно-конструкторский)	ПК-7. Способен разрабатывать управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей и робототехнических систем	ПК- 7.1 Разрабатывает управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей, робототехнических устройств и мобильных роботов	<p>Знать: термины, определения, понятия Знание основных закономерностей, соотношений, принципов. Объем освоенного материала. Полнота ответов на вопросы Четкость изложения и интерпретации знаний.</p> <p>Уметь: разрабатывать алгоритмы автономной навигации мобильных роботов, определять направление поиска наиболее эффективного и перспективного метода решения, применять знания основных направлений и тенденций современного развития робототехники.</p> <p>Владеть: навыками системного представления об основных задачах, методах, алгоритмических принципах и алгоритмах автономной навигации и управления движением мобильных роботов, приёмах их математического моделирования в целях анализа и синтеза систем управления и автономной навигации</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-7. Способен разрабатывать управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей и робототехнических систем

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины ¹
1	Автономная навигация мобильных роботов
2	Программирование встроенных систем управления
3	Методы управления движением робототехнических систем
4	Производственная преддипломная практика

¹В таблице должны быть представлены все дисциплины и(или) практики, которые формируют компетенцию в соответствии с компетентностным планом. Дисциплины и(или) практики указывать в порядке их изучения по учебному плану.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единицы, 108 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки²:

Форма промежуточной аттестации _____ зачет _____
(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	54	54
лекции	34	34
лабораторные		
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ³	3	3
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	54	54
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)		
Зачет	3	3

² если дисциплина не реализуется в рамках практической подготовки – предложение убрать

³ включают предэкзаменационные консультации (при наличии), а также текущие консультации из расчета 10% от лекционных часов (приводятся к целому числу)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные Занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6
1. Введение.					
	Понятие, основные задачи и концепции автономной навигации мобильных роботов. Примеры и мотивация. Обзор и классификация подходов.	2	2	-	6
2. Раздел 1. Принципы навигации мобильных роботов.					
	Виды навигационных систем и методы навигации. Реактивные методы навигации. Методы навигации на базе SLAM. Централизованная архитектура навигационных систем.	4	2		6
3. Раздел 2. Глобальная и локальная навигация.					
	Глобальные спутниковые навигационные системы. Спутниковые навигационные системы на низкой околоземной орбите. Локальные системы навигации для открытой местности. Локальные системы навигации внутри помещений.	4	2		6
4. Раздел 3. Инерциальная навигация.					
	Инерциальные навигационные системы. Датчики инерциальных навигационных систем. Комплексование инерциальных навигационных систем.	4	2		6
5. Раздел 4. Чувствительные датчики.					
	Радиолокационные датчики и системы. Лазерные датчики и системы. Системы со структурированной подсветкой. Пассивные оптические системы на базе телекамер. Определение ориентации объекта по его оптическому изображению. Ультразвуковые дальномеры. Гидроакустические датчики. Фотонные датчики. Обнаружение растительности, скрытых и протяженных препятствий. Навигация по ориентирам и маякам.	4	2		6
6. Раздел 5. Системы навигации разных типов роботов					
	Системы навигации сухопутных роботов. Системы навигации беспилотных летательных аппаратов. Системы навигации подводных роботов. Системы навигации космических роботов.	4	2		8
7. Раздел 6. Методы теории оптимального управления в планировании пути и траектории.					
	Принцип максимума Понтрягина. Релейное управление. Оптимальное перемещение машины Дубинса и робота с дифференциальным приводом. Управление с прогнозирующими моделями.	6	2,5		8

8. Раздел 7. Введение в методы децентрализованной автономной навигации роботизированных ансамблей. Применение нечёткой логики и нейронных сетей в автономной навигации мобильных роботов.				
	Алгоритмы достижения консенсуса. Построение формаций. Задачи автономного роботизированного покрытия областей.	6	2,5	8
	Всего	34	17	54

4.2. Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №3				
1	Введение. Принципы навигации мобильных роботов.	Понятие, основные задачи и концепции автономной навигации мобильных роботов. Примеры и мотивация. Обзор и классификация подходов. Виды навигационных систем и методы навигации. Реактивные методы навигации. Методы навигации на базе SLAM. Централизованная архитектура навигационных систем.	2	2
2	Глобальная и локальная навигация.	Глобальные спутниковые навигационные системы. Спутниковые навигационные системы на низкой околоземной орбите. Локальные системы навигации для открытой местности. Локальные системы навигации внутри помещений.	2,5	2,5
3	Инерциальная навигация.	Инерциальные навигационные системы. Датчики инерциальных навигационных систем. Комплексование инерциальных навигационных систем.	2,5	2,5
4	Чувствительные датчики.	Радиолокационные датчики и системы. Лазерные датчики и системы. Системы со структурированной подсветкой. Пассивные оптические системы на базе телекамер. Определение ориентации объекта по его оптическому изображению. Ультразвуковые дальномеры. Гидроакустические датчики. Фотонные датчики. Обнаружение растительности, скрытых и протяженных препятствий. Навигация по ориентирам и маякам.	2,5	2,5
5	Системы навигации разных типов роботов	Системы навигации сухопутных роботов. Системы навигации беспилотных летательных аппаратов. Системы навигации подводных роботов. Системы навигации космических роботов.	2,5	2,5
6	Методы теории оптимального управления в планировании пути и траектории.	Принцип максимума Понтрягина. Релейное управление. Оптимальное перемещение машины Дубинса и робота с дифференциальным приводом. Управление с прогнозирующими моделями.	2,5	2,5
7	Введение в методы децентрализованной автономной навигации роботизированных	Алгоритмы достижения консенсуса. Построение формаций. Задачи автономного роботизированного покрытия областей.	2,5	2,5

	ансамблей. Применение нечёткой логики и нейронных сетей в автономной навигации мобильных роботов.			
			ИТОГО:	17
			ВСЕГО:	17

4.3. Содержание лабораторных занятий

Учебным планом не предусмотрено.

4.4. Содержание курсового проекта/работы⁴

Учебным планом курсовой проект/работа не предусмотрена.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий⁵

Учебным планом не предусмотрено.

⁴Если выполнение курсового проекта/курсовой работы нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

⁵Если выполнение расчетно-графического задания/индивидуального домашнего задания нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-7. Способен разрабатывать управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей и робототехнических систем

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК- 7.1 Разрабатывает управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей, робототехнических устройств и мобильных роботов	Зачет, тестовый контроль, собеседование.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение.	1. Понятие, основные задачи и концепции автономной навигации мобильных роботов. 2. Примеры и мотивация. Обзор и классификация подходов.
2	Принципы навигации мобильных роботов.	1. Виды навигационных систем и методы навигации. Реактивные методы навигации. Методы навигации на базе SLAM. 2. Централизованная архитектура навигационных систем.
3	Глобальная и локальная навигация.	1. Глобальные спутниковые навигационные системы. 2. Спутниковые навигационные системы на низкой околоземной орбите. 3. Локальные системы навигации для открытой местности. 4. Локальные системы навигации внутри помещений.
4	Инерциальная навигация.	1. Инерциальные навигационные системы. 2. Датчики инерциальных навигационных систем. 3. Комплексование инерциальных навигационных систем.
5	Чувствительные датчики.	1. Радиолокационные датчики и системы. 2. Лазерные датчики и системы. 3. Системы со структурированной подсветкой. 4. Пассивные оптические системы на базе телекамер. 5. Определение ориентации объекта по его оптическому изображению. 6. Ультразвуковые дальномеры. 7. Гидроакустические датчики. 8. Фотонные датчики. 9. Обнаружение растительности, скрытых и протяженных препятствий. 10. Навигация по ориентирам и маякам.

5	Системы навигации разных типов роботов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Системы навигации сухопутных роботов. 2. Системы навигации беспилотных летательных аппаратов. 3. Системы навигации подводных роботов. 4. Системы навигации космических роботов.
6	Методы теории оптимального управления в планировании пути и траектории.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Принцип максимума 2. Понтрягина. 3. Релейное управление. 4. Оптимальное перемещение машины 5. Дубинса и робота с дифференциальным приводом. 6. Управление с прогнозирующими моделями.
7	Введение в методы децентрализованной автономной навигации роботизированных ансамблей. Применение нечёткой логики и нейронных сетей в автономной навигации мобильных роботов.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Алгоритмы достижения консенсуса. 2. Построение формаций. 3. Задачи автономного роботизированного покрытия областей.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты практических работ.

Практические работы. В учебном пособии по дисциплине представлен перечень практических работ, приведены необходимые теоретические и методические указания.

Защита практических работ возможна после проверки правильности выполнения задания и сохранения файла документа. Защита проводится в форме опроса преподавателем и демонстрации отдельных навыков по теме практической работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты практических работ представлен в таблице.

№ п/п	Тема практической работы	Контрольные вопросы
семестр № 3		
1	Введение.	1. Понятие, основные задачи и концепции автономной навигации мобильных роботов. 2. Примеры и мотивация. Обзор и классификация подходов.
2	Принципы навигации мобильных роботов.	1. Виды навигационных систем и методы навигации. Реактивные методы навигации. Методы навигации на базе SLAM. 2. Централизованная архитектура навигационных систем.
3	Глобальная и локальная навигация.	1. Глобальные спутниковые навигационные системы. 2. Спутниковые навигационные системы на низкой околоземной орбите. 3. Локальные системы навигации для открытой местности. 4. Локальные системы навигации внутри помещений.
4	Инерциальная навигация.	1. Инерциальные навигационные системы. 2. Датчики инерциальных навигационных систем. 3. Комплексование инерциальных навигационных систем.
5	Чувствительные датчики.	1. Радиолокационные датчики и системы. 2. Лазерные датчики и системы. 3. Системы со структурированной подсветкой. 4. Пассивные оптические системы на базе телекамер. 5. Определение ориентации объекта по его оптическому изображению. 6. Ультразвуковые дальномеры. 7. Гидроакустические датчики. 8. Фотонные датчики. 9. Обнаружение растительности, скрытых и протяженных препятствий. 10. Навигация по ориентирам и маякам.

5	Системы навигации разных типов роботов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Системы навигации сухопутных роботов. 2. Системы навигации беспилотных летательных аппаратов. 3. Системы навигации подводных роботов. 4. Системы навигации космических роботов.
6	Методы теории оптимального управления в планировании пути и траектории.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Принцип максимума 2. Понтрягина. 3. Релейное управление. 4. Оптимальное перемещение машины 5. Дубинса и робота с дифференциальным приводом. 6. Управление с прогнозирующими моделями.
7	Введение в методы децентрализованной автономной навигации роботизированных ансамблей. Применение нечёткой логики и нейронных сетей в автономной навигации мобильных роботов.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Алгоритмы достижения консенсуса. 2. Построение формаций. 3. Задачи автономного роботизированного покрытия областей.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Автономная навигация мобильных роботов» является зачет.

Результаты промежуточной аттестации оцениваются как «зачтено» и «не зачтено».

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Умеет разрабатывать алгоритмы автономной навигации мобильных роботов, определять направление поиска наиболее эффективного и перспективного метода решения, применять знания основных направлений и тенденций современного развития робототехники.
Навыки	Владеет навыками системного представления об основных задачах, методах, алгоритмических принципах и алгоритмах автономной навигации и управления движением мобильных роботов, приёмах их математического моделирования в целях анализа и синтеза систем управления и автономной навигации

Оценка «зачтено» означает успешное прохождение промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знание терминов, определений, понятий	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний.	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Обладает твердыми полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями.
Полнота ответов на вопросы	Дает неполные ответы на все вопросы Излагает знания без логической последовательности.	Дает ответы на вопросы, но не все – полные. Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы.
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками. Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний.	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя. Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний. Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы.

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Умеет разрабатывать алгоритмы автономной навигации мобильных роботов, определять направление поиска наиболее эффективного и перспективного метода решения, применять знания основных направлений и тенденций современного развития робототехники.	Не применяет/не в полной мере умеет разрабатывать алгоритмы автономной навигации мобильных роботов, определять направление поиска наиболее эффективного и перспективного метода решения, применять знания основных направлений и тенденций современного развития робототехники.	Успешно/в целом успешно умеет разрабатывать алгоритмы автономной навигации мобильных роботов, определять направление поиска наиболее эффективного и перспективного метода решения, применять знания основных направлений и тенденций современного развития робототехники.

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Владеет навыками системного представления об основных задачах, методах, алгоритмических принципах и алгоритмах автономной навигации и управления движением мобильных роботов, приёмах их математического моделирования в целях анализа и синтеза систем управления и автономной навигации	Не применяет/не в полной мере владеет навыками системного представления об основных задачах, методах, алгоритмических принципах и алгоритмах автономной навигации и управления движением мобильных роботов, приёмах их математического моделирования в целях анализа и синтеза систем управления и автономной навигации.	Успешно/в целом успешно владеет и применяет навыки системного представления об основных задачах, методах, алгоритмических принципах и алгоритмах автономной навигации и управления движением мобильных роботов, приёмах их математического моделирования в целях анализа и синтеза систем управления и автономной навигации.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Компьютер с проектором. Маркерная доска, маркер. Учебная мебель. Рабочее место преподавателя.
2	Учебная аудитория для проведения практических занятий – Компьютерный класс	Компьютер с проектором. Компьютеры для студентов. Маркерная доска, маркер. Учебная мебель. Рабочее место преподавателя.
3	Лаборатория для проведения практикума	Компьютер с проектором. Маркерная доска, маркер. Учебная мебель. Рабочее место преподавателя.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения:

Miktex с пакетом Beamer - свободно распространяемый дистрибутив Tex для платформ Windows и Linux.

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

Перечень основной литературы:

1. A.S. Matveev, [A.V. Savkin](#), [M. Hoy](#), [C. Wang](#). Safe Robot Navigation among Moving and Steady Obstacles. Butterworth-Heinemann. 2016.

2. S.G.Tzafestas. Introduction to Mobile Robot Control. Elsevier. 2014
3. Михайлов Н.В. Автономная навигация космических аппаратов при помощи спутниковых радионавигационных систем. Издательство: Издательство "Политехника" 2014. 362 с.
4. Г. П. Аншаков [и др.] ; под общ. ред. А. Н. Кирилина. Автономная навигация космических аппаратов. Издательство: ЦСКБ-Прогресс. 486 С.
5. Н. Choset, K. Lynch, S. Hutchinson, G. Kantor, W. Burgard, L. Kavraki, S. Thrun. Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementation, MIT Press. 2005
6. Motion and Operation Planning of Robotic Systems Background and Practical Approaches. G. [Carbone](#) and F. Gomez-Bravo Editors, Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2015

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. <https://robotacademy.net.au/>
2. YALMIP. Программный пакет и документация: <https://yalmip.github.io>
3. Научная электронная библиотека Elibrary.ru
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19486278>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20___/20___ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями⁶

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20___ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

⁶ Нужно подчеркнуть

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 20 /20 учебный год.
Протокол № _____ заседания кафедры от « ___ » _____ 20 г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО