

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. Ярмоленко  
« 20 » 05 20 21 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ЭИТУС  
  
А. В. Белоусов  
« 20 » 05 20 21 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины (модуля)

Системы управления и навигации мобильными и летательными  
робототехническими комплексами

Направление подготовки (специальность):

15.04.06 Мехатроника и робототехника

Направленность программы (профиль, специализация):

Интеллектуальные робототехнические системы и комплексы

Квалификация:

магистр

Форма обучения

очная

Институт Магистратуры

Кафедра Технической кибернетики

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.06 Мехатроника и робототехника (уровень магистратуры), утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023 от 14 августа 2020 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители):

\_\_\_\_\_ (ученая степень и звание)       (подпись)      А. А. Степовой (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
« 14 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2021 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф. (ученая степень и звание)       (подпись)      В. Г. Рубанов (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей(ими) кафедрой(ами)

Технической кибернетики

(наименование кафедры/кафедр)

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф. (ученая степень и звание)       (подпись)      В. Г. Рубанов (инициалы, фамилия)

« 14 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2021 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » \_\_\_\_\_ 05 \_\_\_\_\_ 2021 г., протокол № 9

Председатель:

канд. техн. наук, доц. (ученая степень и звание)       (подпись)      А. Н. Семернин (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
	ОПК-12. Способен организовывать монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	ОПК-12.1. Организовывает монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> особенности и правила выполнения монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем; методики испытаний оборудования мехатронных и робототехнических систем</p> <p><b>Уметь:</b> контролировать правильность выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации и механизации производственных процессов; выполнять основные действия по проведению монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.</p> <p><b>Владеть:</b> опытом организации монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем; навыками составления технических заданий на разработку средств автоматизации и механизации производственных процессов, а также контроля работ по монтажу, испытаниям, наладке и сдаче в эксплуатацию средств автоматизации и механизации производственных процессов</p>

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
	ОПК-14. Способен организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения	ОПК-14.1. Применяет знания о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов при осуществлении профессиональной подготовки по образовательным программам в области машиностроения	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов</p> <p><b>Уметь:</b> объяснять научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов</p> <p><b>Владеть:</b> навыками систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов</p>
	ПК-4. Способен разрабатывать управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей и робототехнических устройств летательного и мобильного классов на базе стандартных комплекствующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники	ПК-4.1. Разрабатывает управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей и робототехнических устройств летательного и мобильного классов на базе стандартных комплекствующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> стандартные исполнительные и управляющие устройства, средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для построения систем управления и навигации мобильных и летательных роботов; законы управления, технические характеристики элементов робототехнических систем, подходы к реализации алгоритмов и стратегий управления и навигации роботов; принципы построения систем навигации и управления; основные инструментальные среды создания программного обеспечения мехатронных и робототехнических систем, методику их использования; основные методы и алгоритмы локализации робота и планирования маршрута;</p> <p><b>Уметь:</b> разрабатывать алго-</p>

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
			<p>ритмы систем управления и навигации на типовых и стандартных языках программирования с использованием различных аппаратных и программных платформ; производить расчеты и проектирование мехатронных и робототехнических систем использовать робототехнические инструментальные средства; использовать ROS и симулятор Gazebo для вычисления и построения маршрутов; использовать типовые пакеты и библиотеки инструментальных сред для решения практических задач построения программного обеспечения мехатронных объектов;</p> <p><b>Владеть:</b> навыками расчета и проектирования мехатронных и робототехнических систем; навыками программирования при помощи C++ в ROS - Gazebo; навыками разработки алгоритмов и управляющих программ для мехатронных и робототехнических систем; методами описания структуры и алгоритмов функционирования макетов управляющих информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем; типовыми методами и средствами разработки и отладки систем, реализующих алгоритмы управления мехатронных и робототехнических систем; методиками сбора информации по навигационным комплексам, инерциальным системам управления и навигации, современным техническим средствам систем и комплексов.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ОПК-12.** Способен организовывать монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Системы управления и навигации мобильными и летательными робототехническими комплексами

**2. Компетенция ОПК-14.** Способен организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Системы управления и навигации мобильными и летательными робототехническими комплексами

**3. Компетенция ПК-4.** Способен разрабатывать управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей и робототехнических устройств летательного и мобильного классов на базе стандартных комплектующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Системы управления и навигации мобильными и летательными робототехническими комплексами
2	Программирование систем реального времени
3	Программное обеспечение и системные функции контроллеров

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зач. единиц, 324 часов.  
Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки.

Форма промежуточной аттестации в первом семестре – дифференцированный зачет; во втором семестре – экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1	Семестр № 2
Общая трудоемкость дисциплины, час	324	162	162
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в том числе:</b>	<b>144</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
Лекции	68	34	34
лабораторные	68	34	34
практические	-	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	8	4	4
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>180</b>	<b>72</b>	<b>108</b>
курсовой проект	-	-	-
курсовая работа	-	-	-
расчетно-графическое задание	-	-	-
индивидуальное домашнее задание	-	-	-
самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	144	72	72
экзамен	36	-	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1 Семестр 1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Программирование мобильных роботов</b>				
1.1.	Понятие о системах управления робототехническими системами; квантование сигналов по времени и уровню. Основные свойства и преимущества систем компьютерного управления	2	-	-	3
1.2.	Аппаратное и программное обеспечение систем управления; управление в реальном времени.	2	-	2	4
1.3.	Математическое описание процессов в системах компьютерного управления. Решетчатые функции и разностные уравнения	2	-	2	4
1.4.	Устойчивость и точность импульсных систем	2	-	-	4
1.5.	Синтез регуляторов импульсных систем	2	-	4	6
1.6.	Формы и методы задания программных движений; интерполяция траекторий при контурном управлении. Алгоритмы позиционного, скоростного и силового управления движением	2	-	4	6
1.7.	Структуры и методы адаптивного управления движением робототехнических систем. Основы теории оптимального управления. Способы и алгоритмы принятия решений в интеллектуальных робототехнических системах	4	-	-	4
<b>2.</b>	<b>Теоретические и практические основы управления мобильными роботами</b>				
2.1.	Исполнительные устройства мобильных роботов	4	-	2	6
2.2.	Вычислительные устройства в системах управления роботов и гибких производственных модулей.	2	-	2	4
2.3.	Системы программного управления мобильных роботов	4	-	4	8
2.4.	Системы адаптивного управления мобильными роботами	2	-	4	6
2.5.	Системы осязания роботов	2	-	4	6
2.6.	Дистанционно управляемые роботы	2		2	4
2.7.	Применение робототехнических систем	2		4	6
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>34</b>	<b>71</b>



Курс 1 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Введение</b>				
1.1.	Постановка задач планирования маршрута для мобильных роботов. От восприятия к пониманию.	2	-	-	4
1.2.	Симуляторы для мобильной робототехники.	2	-	2	5
<b>2.</b>	<b>Принципы построения и применения мобильных роботов.</b>				
2.1.	Типы мобильных роботов. Различные системы координат для мобильных роботов. Типы перемещения.	2	-	2	4
2.2	Центр масс и критерии устойчивости. Статическая устойчивость. Три ключевые вопроса мобильной робототехники	2	-	2	4
<b>3.</b>	<b>Картографирование и локализация мобильных роботов</b>				
3.1.	Основы топологии. Пространство конфигураций: 2D, 3D, общий случай.	2	-	2	4
3.2.	Препятствия в пространстве конфигураций. Кинематические и динамические модели.	2	-	2	4
3.3.	Представление робота в пространстве. Задачи прямой кинематики для мобильных роботов. Описание движения мобильного робота при помощи системы уравнений.	2	-	4	6
3.4.	Типы карт. Методы декомпозиции пространства для картографирования. Использование графов и деревьев для картографирования.	2	-	2	4
3.5.	Поиск по графу при помощи алгоритмов BFS, DFS, Dijkstra, A-Star. Методы локализации робота. Вероятностные методы. Фильтр частиц.	2	-	4	6
3.6.	Методы одновременной локализации и картографирования.	4	-	4	8
<b>4.</b>	<b>Алгоритмы планирования маршрута</b>				
4.1.	Глобальные и локальные методы планирования маршрута. Построение графа видимости. Вероятностные методы планирования.	4	-	2	6
4.2.	Тангенциальный граф. Алгоритмы семейства Bug. Поиск по графу при помощи алгоритма D-Star.	2	-	2	4
4.3.	Методы дорожной карты. Методы клетчатого разбиения. Граф Вороного.	2	-	2	4
4.4.	Методы построения при помощи огненного и волнового фронтов. Методы потенциальных полей.	2	-	2	4
4.5.	Методы, основанные на сэмплировании. Планирование пути в динамической среде.	2	-	2	4
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>34</b>	<b>71</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом.

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	Колич. часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<i>семестр № 1</i>				
1.	Программирование мобильных роботов	Исследование работы различных датчиков мобильного робота.	8	8
2.	Программирование мобильных роботов	Исследование регуляторов для управления скоростью движения мобильного робота	8	8
3.	Теоретические и практические основы управления мобильными роботами	Создание системы управления мобильным роботом	18	18
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>	<b>34</b>
<i>семестр № 2</i>				
1.	Картографирование и локализация мобильных роботов	Маячные системы локальной ориентации	4	4
2.	Картографирование и локализация мобильных роботов	Навигационные системы со сканированием пространства	4	4
3.	Картографирование и локализация мобильных роботов	Инерциальные системы навигации	6	6
4.	Картографирование и локализация мобильных роботов	Системы технического зрения. Обнаружение препятствий	6	6
5.	Картографирование и локализация	Организация движения по карте в локальном пространстве. Алгоритм SLAM	6	6

	мобильных роботов			
6.	Картографирование и локализация мобильных роботов	Разработка и моделирование навигационной системы мобильного робота	8	8
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>	<b>34</b>
<b>ВСЕГО:</b>			<b>68</b>	<b>68</b>

#### 4.4. Содержание курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

#### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ОПК-12.** Способен организовывать монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-12.1. Организовывает монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	Защита лабораторных работ, экзамен.

**2. Компетенция ОПК-14.** Способен организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-14.1. Применяет знания о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов при осуществлении профессиональной подготовки по образовательным программам в области машиностроения	Защита лабораторных работ, экзамен.

**3. Компетенция ПК-4.** Способен разрабатывать управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей и робототехнических устройств летательного и мобильного классов на базе стандартных комплектующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-4.1. Разрабатывает управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей и робототехнических устройств летательного и мобильного классов на базе стандартных комплектующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники	Защита лабораторных работ, экзамен.

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для дифференцированного зачета/экзамена

*семестр № 1*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Программирование мобильных роботов (ПК-4)	1. Понятие о системах управления робототехническими системами; квантование сигналов по времени и уровню. 2. Основные свойства и преимущества систем компьютерного управления. 3. Аппаратное и программное обеспечение систем управления; управление в реальном времени. 4. Математическое описание процессов в системах компьютерного управления. Решетчатые функции и разностные уравнения. 5. Устойчивость и точность импульсных систем. 6. Синтез регуляторов импульсных систем. 7. Формы и методы задания программных движений; интерполяция траекторий при контурном управлении. Алгоритмы позиционного, скоростного и силового управления движением. 8. Структуры и методы адаптивного управления движением робототехнических систем. 9. Основы теории оптимального управления. 10. Способы и алгоритмы принятия решений в интеллектуальных робототехнических системах.
2	Теоретические и практические основы управления мобильными роботами (ОПК-12)	11. Исполнительные устройства мобильных роботов 12. Вычислительные устройства в системах управления роботов и гибких производственных модулей. 13. Системы программного управления мобильных роботов 14. Системы адаптивного управления мобильными роботами 15. Системы оцувствления роботов 16. Дистанционно управляемые роботы 17. Применение робототехнических систем

--	--	--

семестр № 2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение (ОПК-14)	1. Постановка задач планирования маршрута для мобильных роботов. От восприятия к пониманию. 2. Симуляторы для мобильной робототехники.
2	Принципы построения и применения мобильных роботов (ОПК-12)	3. Типы мобильных роботов. Различные системы координат для мобильных роботов. Типы перемещения. 4. Центр масс и критерии устойчивости. Статическая устойчивость. Три ключевые вопроса мобильной робототехники
3	Картографирование и локализация мобильных роботов (ПК-4)	5. Основы топологии. Пространство конфигураций: 2D, 3D, общий случай. 6. Препятствия в пространстве конфигураций. Кинематические и динамические модели. 7. Представление робота в пространстве. Задачи прямой кинематики для мобильных роботов. Описание движения мобильного робота при помощи системы уравнений. 8. Типы карт. Методы декомпозиции пространства для картографирования. Использование графов и деревьев для картографирования. 9. Поиск по графу при помощи алгоритмов BFS, DFS, Dijkstra, A-Star. Методы локализации робота. Вероятностные методы. Фильтр частиц. 10. Методы одновременной локализации и картографирования.
4	Алгоритмы планирования маршрута (ПК-4)	11. Глобальные и локальные методы планирования маршрута. Построение графа видимости. Вероятностные методы планирования. 12. Тангенциальный граф. Алгоритмы семейства Bug. Поиск по графу при помощи алгоритма D-Star. 13. Методы дорожной карты. Методы клетчатого разбиения. Граф Вороного. 14. Методы построения при помощи огненного и волнового фронтов. Методы потенциальных полей. 15. Методы, основанные на сэмплировании. Планирование пути в динамической среде.

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

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

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты практических работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1	Исследование работы различных датчиков мобильного робота. (ОПК-14)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите датчики мобильных роботов и принципы их действия.</li> <li>2. Какие интерфейсы подключения датчиков наиболее распространены? Принцип их работы?</li> </ol>
2	Исследование регуляторов для управления скоростью движения мобильного робота (ОПК-14)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите основные типы регуляторов для управления скоростью движения мобильного робота</li> <li>2. Поясните основные принципы настройки регуляторов.</li> </ol>
3	Создание системы управления мобильным роботом (ПК-4)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Опишите основные принципы построения системы управления мобильного робота.</li> <li>2. Изобразите структуру системы управления мобильного робота</li> </ol>
4	Маячные системы локальной ориентации (ПК-4)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите основные маячные системы локальной ориентации.</li> <li>2. Какова основная идея таких систем ориентации?</li> </ol>
5	Навигационные системы со сканированием пространства (ПК-4)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите основные навигационные системы со сканированием пространства</li> <li>2. Какова основная идея таких систем ориентации?</li> </ol>
6	Инерциальные системы навигации (ПК-4)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите датчики и принципы их действия необходимых для построения инерциальной системы навигации</li> <li>2. Какова основная идея инерциальной системы навигации?</li> <li>3. Какой главный недостаток у инерциальных систем навигации?</li> </ol>
7	Системы технического зрения. Обнаружение препятствий (ОПК-12)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как системы технического зрения применяются в системах управления и навигации мобильных роботов?</li> </ol>
8	Организация движения по карте в локальном пространстве. Алгоритм SLAM (ОПК-12)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способы организации движения робота по карте в локальном пространстве.</li> <li>2. Опишите основные идеи алгоритма SLAM.</li> </ol>
9	Разработка и моделирование навигационной системы мобильного робота (ОПК-12)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каковы основные этапы разработки навигационной системы мобильного робота?</li> <li>2. Назовите основные программные пакеты и библиотеки для моделирования различных подсистем мобильных роботов</li> </ol>

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы

используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ОПК-12. Способен организовывать монтаж, наладку, настройку и сдачу в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей	
Знания	Знание терминов, классификаций, алгоритмов и методов в системах управления и навигации мобильных роботов, основных принципов в области систем управления и навигации Объем освоенного материала Полнота ответов на вопросы Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Контролировать правильность выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации и механизации производственных процессов Выполнять основные действия по проведению монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей
Навыки	Организации монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем Составления технических заданий на разработку средств автоматизации и механизации производственных процессов, а также контроля работ по монтажу, испытаниям, наладке и сдаче в эксплуатацию средств автоматизации и механизации производственных процессов
ОПК-14. Способен организовывать и осуществлять профессиональную подготовку по образовательным программам в области машиностроения	
Знания	Знание терминов, классификаций, алгоритмов и методов в системах управления и навигации мобильных роботов, основных принципов в области систем управления и навигации Объем освоенного материала Полнота ответов на вопросы Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	объяснять научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов
Навыки	Систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов
ПК-4. Способен разрабатывать управляющие устройства и системы навигации сложных мехатронных модулей и робототехнических устройств летательного и мобильного классов на базе стандартных комплектующих элементов автоматики и микроконтроллерной техники	
Знания	Знание терминов, классификаций, алгоритмов и методов в системах управления и навигации мобильных роботов, основных принципов в области систем управления и навигации
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы

	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Разрабатывать алгоритмы систем управления и навигации на типовых и стандартных языках программирования с использованием различных аппаратных и программных платформ
	Производить расчеты и проектирование мехатронных и робототехнических систем использовать робототехнические инструментальные средства
	использовать ROS и симулятор Gazebo для вычисления и построения маршрутов;
	Использовать типовые пакеты и библиотеки инструментальных сред для решения практических задач построения программного обеспечения мехатронных объектов
Навыки	Расчета и проектирования мехатронных и робототехнических систем
	Разработки алгоритмов и управляющих программ для мехатронных и робототехнических систем

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, классификаций, алгоритмов и методов в системах управления и навигации мобильных роботов, основных принципов в области систем управления и навигации	Не знает термины, классификаций, алгоритмов и методов в системах управления и навигации мобильных роботов, основных принципов в области систем управления и навигации	Знает термины, классификаций, алгоритмов и методов в системах управления и навигации мобильных роботов, основных принципов в области систем управления и навигации, но допускает неточности формулировок	Знает термины, классификации, алгоритмы и методы в системах управления и навигации мобильных роботов, основные принципы области систем управления и навигации	Знает термины, классификации, алгоритмы и методы в системах управления и навигации мобильных роботов, основные принципы области систем управления и навигации, может корректно сформулировать их самостоятельно
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя



	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение контролировать правильность выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации и механизации производственных процессов	Не умеет контролировать правильность выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации и механизации производственных процессов	Умеет частично контролировать правильность выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации и механизации производственных процессов	Умеет на достаточном уровне контролировать правильность выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации и механизации производственных процессов	Умеет на высоком уровне контролировать правильность выполнения работ по монтажу, испытаниям, наладке средств автоматизации и механизации производственных процессов
Умение объяснять научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов	Не умеет объяснять научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов	Умеет частично объяснить научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов	Умеет объяснить большую часть необходимой научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов	Умеет объяснять научно-техническую информацию, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов
Умение разрабатывать алгоритмы систем управления и навигации на типовых и стандартных языках программирования	Не умеет разрабатывать алгоритмы систем управления и навигации на типовых и стандартных языках программирования	Умеет разрабатывать отдельные, простые алгоритмы систем управления и навигации на типовых и стандартных языках программирования	Умеет разрабатывать алгоритмы систем управления и навигации на типовых и стандартных языках программирования	Умеет разрабатывать алгоритмы систем управления и навигации на типовых и стандартных языках программирования

ния с использованием различных аппаратных и программных платформ	использованием различных аппаратных и программных платформ	я с использованием различных аппаратных и программных платформ	использованием различных аппаратных и программных платформ, но допускает незначительные неточности	использованием различных аппаратных и программных платформ
--	--	--	--	--

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть опытом организации монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем	Не владеет опытом организации монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем	Имеет слабые навыки организации монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем	Владеет базовыми навыками организации монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем	Владеет опытом организации монтажа, наладки, настройки и сдачи в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем
Владеть навыками систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов	Не владеет навыками систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов	Имеет поверхностные навыки систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов	Владеет базовыми навыками систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов	Владеет навыками систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта о системах управления и навигации мобильных и летательных робототехнических комплексов
Владеть навыками расчета и проектирования систем управления и навигации мобильных роботов включая	Не владеет навыками расчета и проектирования систем управления и навигации мобильных роботов включая разработку как программной, так и аппаратной	Имеет поверхностные навыки расчета и проектирования систем управления и навигации мобильных роботов включая разработку как программной, так и	Владеет базовыми навыками расчета и проектирования систем управления и навигации мобильных роботов включая разработку как программной, так и	Владеет навыками расчета и проектирования систем управления и навигации мобильных роботов включая разработку как программной, так и аппаратной

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
разработку как программной, так и аппаратной части.	части	аппаратной части	аппаратной части	части.

## 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	Лаборатория робототехнических комплексов УК4 №232	проектор с переносным экраном; система автоматизированного проектирования (CAD) Autodesk Inventor; системы инженерного анализа (CAE) корпорации MSC Software; наборы датчиков и серводвигателей, управляющие контроллеры (Arduino, МИЛАНДР) и одноплатные компьютеры (Raspberry PI, Cubieboard); система технического зрения Cognex DVT 545; манипуляторы ТН-350, лабораторные 5-степенные роботы НПИ Уралучтех; конвейер SCC-900; среда математического моделирования и вычислений MathWorks Individual Licenses (per License): MATLAB 2016b, Simulink, Neural Networks Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Control System Toolbox (10 лиц. №1145851 бессрочная); среда разработки Microsoft Visual Studio; среда разработки и отладки программ промышленного SCARA-робота TSPC; среда разработки программ для промышленной системы технического зрения DVT Intellect 1.4.0; 7 персональных компьютеров с доступом в сеть Интернет.
2	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду
3	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	MathWorks	Лицензия №1145851 бессрочная
5	MSC Easy5, Patran, Nastran, Adams	Соглашение RE008959BST-1 от 26.11.2018 бессрочная
6	Visual Studio Community	Может использовать неограниченное число пользователей в организации в следующих случаях: в учебных аудиториях, для научных исследований или участия в проектах с открытым кодом
7	CUDA Toolkit	Бесплатное программное обеспечение

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. В.Н. Новиков, Б.М. Авхимович, В.З. Вейтин «Основы устройства и конструирования Летательных аппаратов», Москва, издательство Машиностроение, 1991г.
2. И.С. Голубев, А.В. Самарин, В.И. Новосильцев «Конструкция и проектирование летательных аппаратов», Москва, издательство Машиностроение, 1995г.
3. П.П. Афонасьев и др. «Беспилотные летательные аппараты», Москва, издательство МАИ 2010г.
4. Лукомский Ю.А., Пешехонов В.Г., Скороходов Д.А. Навигация и управление движением судов. Учебник - СПб.: «Элмор», 2002.-360 с.
5. Управление мобильными роботами [Текст] : метод. указ. к лаб. работам по дисциплине "Основы мехатроники и робототехники" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2015. -26 с.
6. Лукинов, Александр Павлович. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств [Текст] : учеб. пособие / А. П. Лукинов, 2012. -605
7. Ориентация и навигация подвижных объектов: современные информационные технологии / Б. С. Алешин [и др.] ; Под ред. Б.С. Алешина .— М. : Физматлит, 2006 .— 422 с.
8. Бабич, Александр Викторович. Эффективная обработка информации : Mind mapping для студентов и профессионалов : учебное пособие / А. В.

- Бабич ; Интернет-университет информационных технологий .— Москва : БИНОМ. Лаб. знаний : ИНТУИТ, 2011 .— 223 с
9. Помыкаев, Иван Иванович. Навигационные приборы и системы : учебное пособие для вузов / И.И. Помыкаев, В.П. Селезнев, Л.А. Дмитроченко ; Под ред. И.И. Помыкаева .— М. : Машиностроение, 1983 .— 455 с.
  10. Селезнев В.П. Навигационные устройства: учебное пособие для вузов/В.П. Селезнев.-М.: Машиностроение, 1974, - 600 с.
  11. Селезнев, Василий Петрович. Навигационные устройства : учебник для вузов / В. А Селезнев ; Под ред. В. А. Боднера .— Москва : Оборонгиз, 1961 .— 615 с.

#### Перечень дополнительной литературы:

1. Афонин и др. «Беспилотные Л.А.», Москва, издательство Машиностроение, 1967г.
2. Интеллектуальное планирование траекторий подвижных объектов в средах с препятствиями [Текст] / [Д. А. Белоглазов [и др.] ; под ред. проф. В. Х. Пшихопова, 2014. -295, [1] с.
3. Каляев И.А. Распределенные системы планирования действий коллективов роботов [Текст] / И.А. Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян ; под общ. ред. И.А. Каляева, 2002. -291 с.
4. Харин Е.Г. Комплексная обработка информации навигационных систем летательных аппаратов. -М.: Изд. МАИ, 2002.-259с
5. В.Н. Шивринский. Бортовые вычислительные комплексы навигации и самолетовождения.-Ульяновск: УлГТУ, 2010.-148

### **6.3. Перечень интернет ресурсов**

1. <http://www.elibrary.ru>- Научная электронная библиотека
2. <http://www.gpntb.ru>- Государственная публичная научно-техническая библиотека России
3. <http://elibrary.bmstu.ru> – Библиотека МГТУ им. Н.Баумана
4. <http://www.viniti.ru> – Всероссийский институт научной информации по техническим наукам(ВИНИТИ)
5. <http://www.unilib.neva.ru/rus/>- Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского государственного политехнического университета
6. <http://elibrary.eltech.ru> – Библиотека Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета
7. <http://www.ntb.bstu.ru> и переход к системе NormaCS - Электронно-библиотечная система БГТУ им В.Г.Шухова
8. <http://scholar.google.com/> – научный Google, со всеми его гигантскими достоинствами и определенными маркетинговыми особенностями.

## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений.

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В. Г. Рубанов  
подпись ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  
подпись ФИО