

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

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института



« 15 » 05 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины (модуля)**

**Мобильные робототехнические комплексы**  
(наименование дисциплины, модуля)

направление подготовки (специальность):

**15.03.06 – Мехатроника и робототехника**  
(шифр и наименование направления бакалавриата, магистра, специальности)

**Мехатроника и робототехника**  
(наименование образовательной программы (профиль, специализация))

Квалификация

**бакалавр**  
(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

**очная**  
(очная, заочная и др.)

**Институт:** Информационных технологий и управляющих систем


**Кафедра:** Техническая кибернетика

Белгород – 2015

Рабочая программа составлена на основании требований:


▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.03.06 Мехатроника и робототехника (бакалавриат), приказ Минобрнауки России от 12 марта 2015 г. № 206

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (бакалавриат).

Составитель (составители): канд. техн. наук  (Е.М. Паращук)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой


Техническая кибернетика  
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 12 » 05 \_\_\_\_\_ 2015 г.

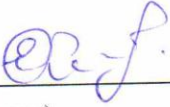
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 12 » 05 \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № 10 \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (В.Г. Рубанов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » 05 \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № 7 \_\_\_\_\_

Председатель: канд. техн. наук, доц.  (Ю.И. Солопов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
<b>Профессиональные</b>			
1	ПК-3	Способность разрабатывать экспериментальные макеты управляющих, информационных и исполнительных модулей мехатронных и робототехнических систем и проводить экспериментальные исследования с применением современных информационных технологий	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> основные подходы к разработке управляющих и информационных систем мобильных робототехнических комплексов, основные правила оформления конструкторской и проектной документации в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями</p> <p><b>Уметь:</b> моделировать системы управления мобильными робототехническими комплексами, осуществлять выбор программно-аппаратных средств, входящих в состав мобильных робототехнических комплексов для решения поставленной задачи, готовить технико-экономическое обоснование создания мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей</p> <p><b>Владеть:</b> навыками работы с программными пакетами Matlab, Mathcad, Adams+Easy5 с целью проведения вычислительных экспериментов, моделирования и расчета мобильных робототехнических комплексов, их подсистем и отдельных модулей, а также систем управления, навыками разработки экспериментальных макетов мобильных робототехнических комплексов на основе современных программно-аппаратных средств</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Теория автоматического управления
2	Технические средства систем управления роботов
3	Приводы мехатронных и робототехнических систем
4	Теоретическая механика
5	Математический анализ

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих

дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Проектирование робототехнических систем
2	НИР по направлению подготовки
3	Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. единицы, 144 часа.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	<b>51</b>	<b>51</b>
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	-	-
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	<b>93</b>	<b>93</b>
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задания	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	<b>93</b>	<b>93</b>
Самостоятельная работа при подготовке к экзамену	36	36
Самостоятельная работа при подготовке к лабораторным занятиям	40	40
Самостоятельная работа на 1 час лекций	17	17
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	<b>экзамен (36)</b>	<b>экзамен (36)</b>

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

### Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Классификация, область применения и развитие робототехнических комплексов</b>					
	Направления развития робототехники. Области применения роботов и решаемые задачи. Поколения роботов. Промышленные роботы и манипуляторы. Мобильные роботы. Классификация мобильных роботов. Общая характеристика конструкций промышленных и мобильных роботов, применяемых на производстве. Принципы управления роботами. Конструкции роботов. Типовые элементы конструкции промышленных и мобильных роботов. Роботы непромышленного назначения. Робототехнические комплексы. Классификация робототехнических комплексов. Компоненты робототехнических комплексов (приводы; информационно-сенсорные системы; способы и системы управления).	4			2
<b>2. Управление движением мобильных роботов</b>					
	Математическое описание привода. Математическое описание мобильных роботов. Рассматриваются только наземные системы передвижения (колесные и гусеничные). Типы колесных мобильных роботов. Уравнения движения колесного мобильного робота. Динамическая модель с применением формализма Лагранжа. Управление движением мобильных роботов: движение по траектории без привязки ко времени; движение по заданной кривой с привязкой ко времени; движение по траектории без и с контролем ориентации. Система координат Френета. Подходы к разработке систем навигации мобильного робота. Глобальная спутниковая навигация и навигация с помощью радиомаяков. Применяемые датчики. Применение индуктивных датчиков. Инерциальная система навигации. Оптическое распознавание трассы. Составление карты окружающей среды с помощью лазерных, ультразвуковых, инфракрасных датчиков. Поиск пути мобильного робота. Представление окружающей среды робота в виде графа. Применение потенциальных полей.	16		5	24
<b>3. Динамика и управление робопоездом</b>					

Структура системы управления мобильного робота с дифференциальным приводом. Кинематические уравнения робота с дифференциальным приводом. Постановка задачи, уравнения движения. Одномерный фильтр Калмана и его применение для повышения точности позиционирования мобильного робота, движущегося с постоянной скоростью. Этапы синтеза фильтра Калмана для повышения точности показаний датчика бортовой системы управления мобильного робота. Бортовая система управления мобильного робота на базе микроконтроллера или одноплатного компьютера. Достоинства и недостатки. Общая структура Модель робопоезда. Планирование движения робопоезда. Моделирование модели робопоезда в среде программного пакета Adams+Easy5. Реализация законов управления. Аппаратная база системы управления.	14		12	31
<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>-</b>	<b>17</b>	<b>57</b>

*Примечание: в колонку «самостоятельная работа» входят подготовка к лекционным, практическим, лабораторным занятиям.*

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Практических занятий по данной дисциплине учебным планом не предусмотрено

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1	Управление движением мобильных роботов	Исследование работы датчиков положения, скорости и ускорения мобильного робототехнического комплекса.	2	8
		Исследование П-, ПД- и ПИД-регуляторов для управления скоростью движения мобильного робота	3	8
2	Динамика и управление робопоездом	Исследование оценки измеряемой величины (положения мобильного робота) на основе фильтра Калмана	4	8
		Исследование модулей беспроводной передачи данных в системе управления мобильным роботом	4	8
		Моделирование модели робопоезда в среде программного пакета Adams+Easy5.	4	8
<b>ИТОГО:</b>			<b>17</b>	<b>40</b>
<b>ВСЕГО:</b>			<b>17</b>	<b>40</b>

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО

# КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

## 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	<b>Классификация, область применения и развитие робототехнических комплексов</b>	<p>1. Понятие мобильного робота. Мобильный робототехнический комплекс. Классификация мобильных роботов. Области применения.</p> <p>2. Робокары. Общая структура и применение.</p> <p>3. Принципы управления роботами.</p> <p>4. Конструкции роботов. Типовые элементы конструкции промышленных и мобильных роботов.</p> <p>5. Робототехнические комплексы. Классификация робототехнических комплексов.</p> <p>6. Компоненты робототехнических комплексов (приводы; информационно-сенсорные системы; способы и системы управления).</p>
2	<b>Управление движением мобильных роботов</b>	<p>1. Подходы к разработке систем навигации мобильного робота. Глобальная спутниковая навигация и навигация с помощью радиомаяков. Применяемые датчики.</p> <p>2. Подходы к разработке систем навигации мобильного робота. Применение индуктивных датчиков. Инерциальная система навигации.</p> <p>3. Подходы к разработке систем навигации мобильного робота. Оптическое распознавание трассы. Составление карты окружающей среды с помощью лазерных, ультразвуковых, инфракрасных датчиков.</p> <p>4. Поиск пути мобильного робота. Представление окружающей среды робота в виде графа. Применение потенциальных полей.</p> <p>5. Структура системы управления мобильного робота с дифференциальным приводом. Статические характеристики двигателей и их применение для разработки системы управления роботом.</p> <p>6. Упрощенные уравнения движения мобильного робота с дифференциальным приводом.</p> <p>7. Применение П-, ПД- и ПИД-регуляторов для управления мобильным роботом при его движении по заданной трассе. Графические пояснения.</p>
3	<b>Динамика и управление робопоездом</b>	<p>1. Одномерный фильтр Калмана и его применение для повышения точности позиционирования мобильного робота, движущегося с постоянной скоростью.</p> <p>2. Этапы синтеза фильтра Калмана для повышения точности показаний датчика бортовой системы управления мобильного робота.</p> <p>3. Бортовая система управления мобильного робота на базе микроконтроллера или одноплатного компьютера. Достоинства и недостатки. Общая структура</p> <p>4. Передача данных через последовательный порт и порт I2C в бортовой системе управления мобильного робота</p> <p>5. Особенности программно-аппаратной реализации управления двигателями, применения вспомогательных</p>

		модулей в бортовой системе управления мобильного робота 6. Работа с датчиками расстояния и ускорения в бортовой системе управления мобильного робота 7. Какие модули беспроводной передачи данных в системе управления мобильным роботом Вы знаете, и чем они отличаются?
--	--	---

## **5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем**

Выполнение курсовых проектов и курсовых работ не предусмотрено учебным планом дисциплины.

## **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий**

Выполнение индивидуальных домашних заданий и расчетно-графических заданий не предусмотрено учебным планом дисциплины.

## **5.4. Перечень контрольных работ**

Выполнение контрольных работ не предусмотрено учебным планом дисциплины.

# **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

## **6.1. Перечень основной литературы**

1. Бурдаков, С.Ф. Системы управления движением колесных роботов / С. Ф. Бурдаков, И. В. Мирошник, Р. Э Стельмаков. – СПб.: Наука, 2001. – 227 с.
2. Градецкий, В.Г. Управляемое движение мобильных роботов по произвольно ориентированным в пространстве поверхностям: монография / В. Г. Градецкий, В.Б. Вешников, С. В. Калиничко, Л.Н. Кравчук. – М.: Наука, 2001. – 359 с.
3. Юревич Е. И. Основы робототехники / Е. И. Юревич. - 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.
4. Зенкевич, С.Л. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов / С.Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. – 2-е изд., исправ. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 480 с.
5. Зенкевич, С.Л. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов по спец. «Роботы»/ С.Л. Зенкевич, А. С. Ющенко. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 399 с.



6. Юревич, Е.И. Робототехника завтра (проблемы и перспективы развития): монография / Е.И. Юревич. – Саарбрюккен: Изд-во LAP LAMBERT, 2013. – 96 с.

7. Корендясев, А.И. Теоретические основы робототехники: монография / А.И. Корендясев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес. – М.: Наука. Книга 1. – 2006. – 382 с.

## **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Павловский, В.Е. Исследование динамики движения цепочки «робопоезд». Уравнения движения, частные решения / В. Е. Павловский, Н. В. Петровская. – М: препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. – №117. – 2005. – 31 с.

2. Павловский, В.Е. Исследование динамики движения цепочки «робопоезд». Управляемое движение / В. Е. Павловский, Н. В. Петровская. – М: препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. – №120. – 2005. – 31 с.

3. Павловский, В.Е. Исследование динамики движения цепочки «робопоезд». Методы планирования движения / В. Е. Павловский, Н. В. Петровская, В. В. Евграфов. – М: препринт ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. – №121. – 2005. – 31 с.

4. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

5. Охоцимский, Д.Е. Новые задачи динамики и управления движением мобильных колёсных роботов / Д.Е. Охоцимский, Ю.Г. Мартыненко // Успехи механики, 2003. –Т.2. - №1. – С. 3–47.

6. Алтунин, А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях / А. Е. Алтунин, М.В. Семухин. – Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.

7. Буданов, В.М. О движении колесных роботов / В.М. Буданов, Е.А. Девянин // Прикладная математика и механика, 2003. – Т.67. – Вып. 2. – С. 255-255.

## **6.3. Перечень интернет ресурсов**

1. Российское образование ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ПОРТАЛ: <http://www.edu.ru/>

2. Книги по робототехнике:

[http://servomotors.ru/documentation/robot/robot\\_books.html](http://servomotors.ru/documentation/robot/robot_books.html)

3. <http://www.scirp.org/Index.aspx> – 200 наиболее он-лайн известных научно-технологических журналов по различным отраслям знаний в открытом доступе.

4. <http://academic.research.microsoft.com/> – поисковик по научным публикациям в «глубоком вебе» с набором дополнительных сервисов от Microsoft, где можно найти около 40 млн. публикаций по всем основным направлениям науки, исследований и инженерно-технологических разработок.

5. <http://scientbook.com/index.php> – российская научно-информационная сеть, включающая платформу для публикаций по всем отраслям науки, а также площадку для научного общения в самом широком смысле слова.
6. <http://www.globalspec.com/> – первый и единственный в мире инженерный поисковик. Ищет в вебе и в «глубоком вебе» данные по продуктам, изделиям, техническим решениям, деталям, расчетам и даже названиям компаний.
7. <http://www.thefreelibrary.com/> - самая большая общедоступная база книг и статей по всем направлениям науки, техники и бизнеса с 1995 года до сегодняшнего дня.
8. <http://worldwidescience.org> – второе рождение самого популярного мультипортала по «Глубокому научно-техническому вебу». Теперь поиск по всем ведущим мировым научно-техническим базам ведется на основе федеративного поиска от компании DeepWeb. Кроме того, поиск по всем базам сразу же переводится на 10 основных языков интернета, включая русский.
9. <http://www.techcast.org/default.aspx> – очень популярная платформа для прогнозирования и отслеживания тенденций в различных отраслях техники и технологий.
10. <http://www.scirus.com/> – наиболее полный инструмент для поиска научных исследований в интернете. Ищет не только по сайтам, но и по хранилищам данных, по серверам, по архивам научных журналов, университетов и т.п.
11. <http://scholar.google.com/> – научный Google, со всеми его гигантскими достоинствами и определенными маркетинговыми особенностями.
12. <http://www.scienceresearch.com/scienceresearch/> – поисковик по научной и технологической информации, базирующийся на технологии «глубокого веба». Ищет по 300 самым авторитетным и обширным научно-техническим и технологическим коллекциям, которые включают в себя архивы, сервера, базы данных, не доступные для популярных поисковых систем.
13. <http://www.scholar.ru/> – отличный российский поисковик научных публикаций, авторефератов и диссертаций по всем областям науки.
14. <http://elibrary.ru> – электронная научная библиотека российских и зарубежных журналов по всем отраслям науки и техники.
15. <http://www.scitopia.org/scitopia/> – охватывает свыше 3,5 млн. интегрированных научно-технических документов, а также правительственных данных и патентов.
16. <http://isihighlycited.com/> – поисковик знаменитого Thomson Reuters. Позволяет найти конкретных исследователей и разработчиков по отраслям науки, темам, учреждениям и странам.

17. <http://www.techxtra.ac.uk/> – едва ли не лучшая в мире библиотека статей, сайтов, книг по всем основным отраслям науки и техники, включает самые последние исследования и диссертации.

18. <http://www.scinet.cc/>- удобный поисковик по основным направлениям науки и технологий.

19. <http://www.onlinecollegecourses.com/2009/11/08/100-extremely-useful-search-engines-for-science/> – отличная интерактивная коллекция отраслевых поисковиков, библиотек и баз данных.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**


Проведение лекций и лабораторных работ по дисциплине «Мобильные робототехнические комплексы» осуществляется в специализированной лаборатории мк232 «Робототехнические системы», при этом в учебном процессе используется следующее обеспечение:

- проектор с переносным экраном;
- мультимедиа и анимационный материал поясняющее работу мобильных робототехнических комплексов;
- презентационное программное обеспечение для демонстрации презентаций по разнообразным темам;
- система автоматизированного проектирования (CAD) Autodesk Inventor Professional 2014;
- системы инженерного анализа (CAE) корпорации MSC Software;
- среда математического моделирования Matlab/Simulink;
- проведение электронного тестирования на базе программы TestOfficePro,
- мобильные робототехнические платформы на основе конструктора Tetrrix, платформы Rover5 Chassis, ПРОФИ-2
- наборы датчиков и серводвигателей,
- управляющие контроллеры (Arduino, МИЛАНДР) и одноплатные компьютеры (Raspberry PI, Cubieboard).
- При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются программные продукты Matlab, Mathcad и Adams+Easy5, изучение которых студентами предполагается в рамках самостоятельной работы.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.  
Протокол № 10 заседания кафедры от «16» 05 2016г.

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

Директор института \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ


Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.  
Протокол № 11 заседания кафедры от «15» 05 2017г.

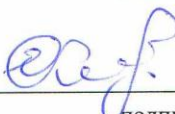
Заведующий кафедрой  Рубанов В.Г.  
подпись, ФИО

Директор института  Белоусов А.В.  
подпись, ФИО

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений  
Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.  
Протокол № 13 заседания кафедры от «01» 06 2018г.

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

Директор института \_\_\_\_\_  \_\_\_\_\_ Белоусов А.В.  
подпись, ФИО