

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Системы управления манипуляционными и мобильными роботами
(наименование дисциплины, модуля)

направление подготовки (специальность):

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

Направленность программы (профиль, специализация):

(наименование образовательной программы (профиль, специализация))

Квалификация

магистр

(бакалавр, магистр, специалист)

Форма обучения

очная

(очная, заочная и др.)

Институт: Информационных технологий и управляющих систем


Кафедра: Техническая кибернетика

Белгород – 2014

Рабочая программа составлена на основании требований:


▪ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 15.04.06 Мехатроника и робототехника (бакалавриат), приказ Минобрнауки России от 21 ноября 2014 г. № 1491

▪ плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2014 году по направлению подготовки 15.04.06 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)

« 11 » марта 2015 г.


Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 13 » марта 2015 г., протокол № 8

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 14 » апреля 2015 г., протокол № 9

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

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Профессиональные			
1	ПК-5	Способность разрабатывать методики проведения экспериментов и проводить эксперименты на действующих макетах и образцах мехатронных и робототехнических систем и их подсистем, обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: подходы к разработке методик проведения экспериментов на действующих макетах и образцах мобильных и манипуляционных роботов и их подсистем; методы обработки результатов экспериментов с применением современных программных и технических средств.</p> <p>Уметь: разрабатывать методики проведения экспериментов на действующих макетах и образцах мобильных и манипуляционных роботов и их подсистем; применять современное программное обеспечение и оборудование для создания экспериментальных образцов мобильных и манипуляционных роботов; проводить эксперименты с действующими макетами и образцами мехатронных и робототехнических систем и их элементов.</p> <p>Владеть: навыками использования программных пакетов Matlab, Mathcad, Adams с целью проведения вычислительных экспериментов, моделирования и расчета систем управления мобильными и манипуляционными роботами, их подсистем и отдельных модулей; навыками проведения экспериментов на действующих макетах и образцах мобильных и манипуляционных роботов и их подсистем; навыками обработки результатов с применением современных информационных технологий и технических 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
---	--

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 магистерской выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5 зач. единиц, 180 часов.**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	68	68
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	34	34
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	112	112
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задания	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	112	112
Самостоятельная работа при подготовке к экзамену	36	36
Самостоятельная работа при подготовке к практическим занятиям	42	42
Самостоятельная работа при подготовке к лабораторным занятиям	26	26
Самостоятельная работа на 1 час лекций	8	8
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	экзамен	экзамен

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
1. Необходимые сведения из теории автоматического управления					
	Принципы построения системы управления. Способы описания непрерывных динамических систем в форме передаточных функций и уравнений в пространстве состояний. Управляемость и наблюдаемость. Качество систем управления. Простейшие методы построения регуляторов: метод Циглера-Никольса, метод корневого годографа, метод ЛАЧХ, метод пространства состояний.	2			2
2. Исполнительные устройства роботов					
	Кинематика многозвенных манипуляторов. Конструкции манипуляторов промышленных роботов. Приводы промышленных роботов. Общая характеристика используемых устройств (манипуляторов) роботов. Математическое описание привода. Математическое описание манипуляторов (системы со связями, формализм Лагранжа, кинематическая модель, динамическая модель, динамическая модель с приводом).	3	4	2	7
3. Системы управления манипуляционными и мобильными роботами					
	Классификация систем управления. Системы программного управления роботами. Общая структура систем программного управления. Программные системы циклового, контурного и позиционного управления. Типовые законы управления, используемые в следящих системах управления роботами. Системы адаптивного управления роботами. Адаптация и уровни адаптации. Контурное и позиционное адаптивное управление. Принципы построения системы осязательства. Идентификационный подход к адаптивному управлению роботами. Программное обеспечение системы управления адаптивных роботов. Языки и системы программирования роботов.	4	8		8
4. Система управления исполнительного уровня					
	Математическая модель исполнительного уровня. Исследование линеаризованной модели	4	14	3	28

	исполнительной системы. Автоматизированный синтез исполнительной системы. Анализ исполнительной системы при кинематическом управлении.				
5. Методы динамического управления манипуляторами					
	Методы, основанные на решении обратных задач динамики. Декомпозиция управления. Силовая обратная связь. Динамическое планирование.	4	8	12	22
	ВСЕГО	17	34	17	67

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №1				
1	Исполнительные устройства роботов	Моделирование прямой задачи кинематики манипулятора	4	2
2	Системы управления манипуляционными и мобильными роботами	Разработка программы управления роботом ПРОФИ-2.	4	2
3		Программирование сложных движений робота Rover5 Chassis. Изучение принципов программирования сложных движений.	4	3
4	Система управления исполнительного уровня	Линеаризация модели исполнительной системы робота. Анализ обобщенных показателей качества	2	5
5		Построение частотных характеристик линеаризованной модели в среде математического моделирования Matlab/Simulink. Анализ обобщенных показателей качества.	2	5
6		Синтез корректирующих устройств и регуляторов в среде математического моделирования Matlab/Simulink.	4	5
7		Управление по вектору скорости.	2	5
8		Управление положением и устойчивость системы управления.	4	5
10	Методы динамического управления манипуляторами	Силовая обратная связь в соединениях манипуляторов	4	5
		Планирование движения манипулятора по собственной траектории.	4	5
ИТОГО:			34	42
ВСЕГО:			34	42

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 1				
1	Исполнительные устройства роботов	Исследование работы датчиков положения, скорости и ускорения мобильного робототехнического комплекса.	2	2
2	Система управления исполнительного уровня	Исследование П-, ПД- и ПИД-регуляторов для управления скоростью движения мобильного робота	3	3
3	Методы динамического управления манипуляторами	Исследование оценки измеряемой величины (положения мобильного робота) на основе фильтра Калмана	4	4
		Исследование модулей беспроводной передачи данных в системе управления мобильным роботом	4	4
		Моделирование модели робопоезда в среде программного пакета Adams.	4	4
ИТОГО:			17	17
ВСЕГО:			17	17

2. 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	Необходимые сведения из теории автоматического управления	<ol style="list-style-type: none"> 1. Как оценить показатели качества: время переходного процесса, колебательность, динамическую ошибку? 2. Сформулируйте условие устойчивости системы в соответствии с критерием Гурвица. Определите порядок необходимых вычислений. 3. Определите условие устойчивости системы по частотному критерию Найквиста. Укажите порядок необходимых вычислений. 4. Какие способы коррекции системы управления Вам известны? Как реализуется метод подчиненного регулирования? 5. Как проводится синтез корректирующих устройств по ЛАЧХ? 6. В чем заключается расчет настроек регулятора методом Циглера-Никольса? 7. В чем заключается расчет настроек регулятора методом корневого годографа?
2	Исполнительные устройства роботов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Классификация приводов роботов. 2. Электромеханические приводы постоянного тока. 3. Приводы с бесконтактными двигателями постоянного

		<p>тока.</p> <ol style="list-style-type: none"> 4. Приводы переменного тока. 5. Приводы на базе шаговых двигателей. 6. Высокомоментные безредукторные приводы. 7. Энергетический расчет силовых агрегатов и принципы выбора их элементов. 8. Математическая модель исполнительной системы. 9. Методы регулировочного расчета приводов. 10. Принцип подчиненного регулирования. 11. Влияние нелинейных факторов на работу исполнительных систем. 12. Методика расчета и автоматизированного проектирования исполнительных систем.
3	Системы управления манипуляционными и мобильными роботами	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чем отличаются программные роботы от адаптивных роботов? 2. Чем отличаются адаптивные роботы от интеллектуальных роботов? 3. Какие три системы координатных перемещений (из пяти) наиболее часто используются в промышленных роботах? 4. Какие задачи используются при кинематическом синтезе манипуляторов? 5. С помощью чего определяется положение кинематической цепи в пространстве? 6. Какие функции выполняют вычислительные устройства в промышленных роботах? 7. Для каких целей в системах управления роботами используются микро- ЭВМ? 8. Какую последовательность действий осуществляет система циклового управления? 9. Какую последовательность действий осуществляет система позиционного управления? 10. Какая характерная особенность роботов с контурной системой управления? 11. Чем отличается система контурного управления от системы позиционного управления? 12. Что, по Вашему мнению, представляет собой запись системы уравнений динамики РТК? 13. Что, по Вашему мнению, представляет собой класс программных движений РТК? 14. Что является характерной чертой адаптивных систем управления РТК? 15. Что принципиально отличает адаптивные системы управления РТК от систем программного управления? 16. Какие, по Вашему мнению, типы алгоритмов могут быть использованы при идентификационном подходе к адаптивному управлению РТК?
4	Система управления исполнительного уровня	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что включает в себя математическая модель исполнительной системы манипуляционного робота. 2. В каких случаях система уравнений математической модели исполнительной системы манипуляционного робота распадается на отдельные, не связанные между собой дифференциальные уравнения степеней подвижности манипулятора? 3. Какой вид примут коэффициенты линеаризованного

		<p>уравнения при использовании сплайнов?</p> <p>4. Как использовать метод «замороженных» параметров при необходимости исследования движения манипулятора вдоль заданной траектории?</p> <p>5. Как исследовать взаимное влияние степеней подвижности манипулятора с помощью частотных характеристик?</p> <p>6. Какой физический смысл имеет передаточная матрица комплекса отдельно взятых приводов и как ее используют при анализе динамики исполнительной системы?</p> <p>7. Почему взаимное влияние каналов управления исполнительной системы, как правило, не существенно в диапазонах низких и высоких частот? Каким образом можно численно оценить это взаимовлияние?</p> <p>8. Как реализуется управление манипулятором по вектору скорости?</p> <p>9. Опишите вид частотных характеристик системы управления манипулятором по вектору скорости в диапазоне рабочих частот.</p> <p>10. Как реализовать исполнительную систему, позволяющую управлять манипулятором как по скорости, так и по положению? Требуется ли подстройка параметров системы при переходе от одного принципа управления к другому?</p>
5	<p>Методы динамического управления манипуляторами</p>	<p>1. Сформулируйте обратную задачу динамики для манипуляционного механизма.</p> <p>2. При каких условиях можно эффективно использовать линейную динамическую коррекцию?</p> <p>3. Поясните термин «обобщенный моментный регулятор». Каковы преимущества и недостатки такого регулятора?</p> <p>4. В чем состоит суть метода декомпозиции?</p> <p>5. Как определяются сигналы динамической коррекции при использовании метода декомпозиции? При каких условиях можно пренебречь динамикой приводов манипуляторов?</p> <p>6. Перечислите технические средства реализации силовой обратной связи в системе управления манипулятором.</p> <p>7. В чем основное преимущество динамической коррекции с помощью силовой обратной связи?</p> <p>8. В чем преимущество силовой обратной связи по силам и моментам, действующим на схват?</p> <p>9. Почему введение силовой обратной связи обычно приводит к ухудшению устойчивости исполнительной системы манипулятора?</p> <p>10. В чем состоит процедура планирования движения с учетом динамики манипулятора (динамическое планирование)?</p> <p>11. Как определить необходимую мощность силовых агрегатов манипулятора, используя решение обратной задачи динамики?</p> <p>12. Как определить энергетическую эффективность манипулятора?</p>

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

Контрольные работы не предусмотрены учебным планом дисциплины.

3. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

а. 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. Калиниченко, 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.

8. Попов, Е.П. Основы робототехники / Е. П. Попов, Г. В. Письменный. – М.: Высшая школа, 2007. – 224 с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
2. Лазарев, Ю.Ф. MatLAB / А.В. Лазарев. – Киев: Издательская группа ВНУ, 2002. – 384 с.
3. Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы / под. ред. В.С. Кулешова. – М.: Машиностроение, 2007. – 328 с.
4. Тимофеев, А.В. Адаптивные робототехнические комплексы / А.В. Тимофеев. – СПб.: Машиностроение, 2008. – 332 с.
5. Бурдяков, С.Ф. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов / С.Ф. Бурдяков, В.А. Дьяченко, А.Н. Тимофеев. – М.: Машиностроение, 2006. – 264 с.
6. Управляющие системы промышленных роботов / под ред. И.М. Макарова и В.А. Чиганова. – М.: Машиностроение, 2008. – 288 с.

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
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.

12. <http://www.scholar.ru/> – отличный российский поисковик научных публикаций, авторефератов и диссертаций по всем областям науки.

13. <http://elibrary.ru> – электронная научная библиотека российских и зарубежных журналов по всем отраслям науки и техники.

14. <http://www.scitopia.org/scitopia/> – охватывает свыше 3,5 млн. интегрированных научно-технических документов, а также правительственных данных и патентов.

15. <http://isihighlycited.com/> – поисковик знаменитого Thomson Reuters. Позволяет найти конкретных исследователей и разработчиков по отраслям науки, темам, учреждениям и странам.

16. <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.

4. 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