

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор, проректор по научной
и инновационной работе

В.Г. Прокошев

2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
РОБОТЫ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Направление подготовки 15.06.01 Машиностроение

Направленность (профиль) подготовки Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Уровень высшего образования Подготовка кадров высшей квалификации

Квалификация выпускника «Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения очная

Год	Трудоем- кость зач. ед, час.	Лек- ции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРА, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
4	3/108	18	-	-	54	36/экз.
Итого	3/108	18	-	-	54	36/экз.

г. Владимир 2015 г.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Роботы, мехатроника и робототехнические системы» является формирование знаний и компетенций в области проектирования исполнительных устройств робототехнических систем, концепции синтеза систем управления манипуляторами и основных ее направлений, навыков использования современных подходов к синтезу высококачественных систем управления роботами различного вида и назначения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ОПОП ВО)

Дисциплина «Роботы, мехатроника и робототехнические системы» относится к блоку Б1.В.ОД обязательных дисциплин вариативной части. Для освоения дисциплины «Роботы, мехатроника и робототехнические системы» используются знания, умения и навыки обучающегося, полученные при обучении в бакалавриате и магистратуре по дисциплинам, в которых рассматриваются базовые вопросы по механике роботов, теории автоматического управления, оптимальным, адаптивным и интеллектуальным системам управления, электрическим машинам и исполнительным системам мехатронных и робототехнических систем, мехатронных и робототехнических систем, управлению роботами и мехатронными системами.

Знания, полученные при изучении дисциплины, используются при подготовке к сдаче и сдачи государственного экзамена, проведении научно-исследовательской практики и подготовки научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание учёной степени кандидата наук.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Аспирант в результате освоения дисциплины должен овладеть следующими *универсальными* компетенциями:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях; УК-1.

Аспирант в результате освоения дисциплины должен овладеть следующими *общепрофессиональными* компетенциями:

- способностью научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства; ОПК-1;

- способностью формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники; ОПК-2;

- способностью формировать и аргументировано представлять научные гипотезы; ОПК-3.

Аспирант в результате освоения дисциплины должен овладеть следующими *профессиональными* компетенциями:

- способностью формулировать концепцию структурного построения и программно-алгоритмического описания, принципов создания и функционирования разрабатываемых и модернизируемых мехатронных и робототехнических систем; ПК-1;

- способностью использовать методы адаптивного, оптимального интеллектуального

управления при описании, анализе, синтезе и исследовании систем управления мехатронными и робототехническими системами в условиях недетерминированной внешней среды и возмущающих воздействий; ПК-2;

- способность владеть и применять пакеты прикладных программ для исследования многокоординатных и многоконтурных мехатронных и робототехнических систем при траекторных перемещениях с наложенными межкоординатными силовыми связями, выполнять декомпозицию и комплексирование при моделировании; ПК-3;

- способность разрабатывать экспериментальные установки для исследования мехатронных и робототехнических систем и обрабатывать результаты экспериментальных исследований, в том числе с использованием методов статистического анализа; ПК-4;

- способность к совершенствованию и повышению эффективности мехатронных и робототехнических систем, а также владением информационными технологиями для повышения эффективности и качества решений, принимаемых в научной, экономической и управленческой и других видах целенаправленной деятельности; ПК-5.

3.2 В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать:

- терминологию и фундаментальные определения в области робототехники и мехатроники (ПК-1);

- подходы к формированию проекта мехатронной системы, правила организации процессов проектирования и сопровождающих их исследований (ПК-1);

- принцип действия, структуры и характеристики типовых компонентов мехатронных систем (ПК-1);

- методы построения функциональных, структурных и принципиальных схем мехатронных устройств и систем (ПК-1);

- методы анализа, синтеза и оптимизации роботов, мехатронных и робототехнических систем (ОПК-1, ОПК-2, УК-1);

- методы расчета и проектирования компонентов, входящих в состав роботов и мехатронных машин (ОПК-2);

- принципы построения систем управления мехатронных и робототехнических систем в условиях детерминированной и недетерминированной внешней среды, и расположения объекта манипулирования (ОПК-2, ПК-1, ПК-5);

- подходы к созданию адаптивных, оптимальных, интеллектуальных и интерактивных систем компьютерного управления в мехатронике (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, УК-1, ПК-2).

2) Уметь:

- формировать и анализировать требования к мехатронным и робототехническим системам (ПК-1, ПК-5);

- применять мехатронный подход, композицию и декомпозицию мехатронных и робототехнических систем (ОПК-2, ПК-1);

- составлять функциональные, структурные и принципиальные схемы мехатронных и робототехнических систем и их компонентов (ПК-1);

- использовать нормативные документы в области проектирования изделий мехатроники (ПК-4);

- формировать математические модели роботов, мехатронных и робототехнических систем (ОПК-2);

- решать прямые и обратные задачи динамики, и разрабатывать алгоритмы управления траекторными перемещениями (ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-5);

- производить компьютерный анализ, синтез и оптимизацию роботов, мехатронных и робототехнических систем (ПК-2, ПК-3, ПК-4);

- использовать программно-аппаратные компьютерные средства для анализа и выбора оптимальных вариантов новых технических решений (ОПК-2, УК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4 ПК-5);

- использовать методы синтеза и разработки алгоритмов при создании мехатронных и робототехнических систем с адаптивным, оптимальным, интеллектуальным и интерактивным управлением движением (ОПК-2, ОПК-3, УК-1, ПК-2, ПК-5).

3) Владеть:

- методами анализа, синтеза и оптимизации роботов, мехатронных и робототехнических систем (ОПК-3, ПК-2);

- современными методами расчета и проектирования компонентов, входящих в состав роботов и мехатронных машин (ПК-2, ПК-3, ПК-4);

- методами исследования автоматизированных технологических процессов, создаваемых на базе мехатронных и робототехнических систем на стадии проектирования, производства и эксплуатации (ПК-3, ПК-4, ПК-5).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Год обучения	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРА	
1.	Робот как мехатронная система	4	2	-	-	-	собеседование
2.	Математическое описание роботов, манипуляционных механизмов и мехатронных агрегатов	4	4	-	-	10	собеседование, отчет по самостоятельной работе
3.	Управление манипуляционными механизмами и исполнительные подсистемы в робототехнике и мехатронике	4	6	-	-	24	собеседование, отчет по самостоятельной работе
4.	Информационно-сенсорные системы в робототехнике и мехатронике	4	2	-	-	8	собеседование
5.	Вычислительные средства робототехнических и мехатронных систем	4	2	-	-	12	собеседование
6.	Взаимодействие человека-оператора с робототехническими и мехатронными системами	4	2	-	-		собеседование
	ИТОГО:		18	-	-	54	36/экзамен

Содержание (дидактика) дисциплины

4.1. Лекции

Раздел 1. Робот как мехатронная система

Основные этапы развития робототехники. Функциональное назначение и классификация роботов по областям применения. Промышленные роботы, типовые конструкции отечественных и зарубежных промышленных роботов. Классификация промышленных роботов по типу кинематической схемы. Роботы для экстремальных условий: применение роботов для выполнения операций под водой, в космическом пространстве, при ликвидации последствий аварий и т.д. Мобильные роботы и телеоператоры. Шагающие роботы, Экзоскелетона. Обобщённая функциональная схема, элементы и подсистемы роботов: манипуляторы; захваты; рабочий инструмент; силовые агрегаты; механизмы разгрузки; системы очувствления; управляющие устройства; средства передвижения роботов.

Раздел 2. Математическое описание роботов, манипуляционных механизмов и мехатронных агрегатов

Методы математического моделирования уравнений динамики манипуляционного механизма. Решение первой (обратной) и второй (прямой) задач динамики для манипулятора. Уравнения движения мобильного робота. Кинематика и динамика коленных роботов. Модели движения с учётом проскальзывания. Особенности динамики мини- и микроробототехнических устройств.

Раздел 3. Управление манипуляционными механизмами и исполнительные подсистемы в робототехнике и мехатронике

3.1 Особенности синтеза манипуляционных систем. Обобщенный анализ адаптивных систем управления. Концепция синтеза систем управления манипуляторами и основных ее направлений.

3.2 Энергетический расчёт силовых агрегатов и принципы выбора их элементов. Математическая модель исполнительной системы. Методы регулируемого расчёта приводов. Принцип починенного регулирования. Влияние нелинейных факторов на работу исполнительной системы. Методы расчёта и автоматизированного проектирования исполнительных систем.

3.3 Передаточная функция электропривода степени подвижности многозвенного манипулятора. Дифференциальное уравнение нагруженного электропривода. Кинематическое управление манипулятором (по положению, по вектору скорости, по вектору силы). Полуавтоматическое, командное и копирующее управление. Методы динамического управления манипуляторами.

3.4 Синтез самонастраивающихся приводов, инвариантных к сложному взаимовлиянию между степенями подвижности манипулятора. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов для следящих приводов. Синтез регуляторов для самонастраивающихся приводов по квадратичному критерию.

3.5 Принципы обучения автоматических манипуляторов. Управление мобильными роботами; методы кинематического и динамического управления подвижной платформой. Методы кинематического и динамического расчёта механических прецизионных подсистем мехатронных модулей. Методы их точностного и силового расчёта; методы оптимизации движения механических подсистем. Системный подход при проектировании мехатронных систем; методы автоматизированного моделирования и проектирования. Современные методы интеллектуального управления мехатронными системами.

Раздел 4. Информационно-сенсорные системы в робототехнике и мехатронике

Классификация информационных устройств, применяемых в робототехнике и мехатронике. Датчики внешней и внутренней информации. Датчики ближнего и дальнего действия, кинестетические датчики. Датчики положения, скорости, ускорения, сил и моментов,

тактильные датчики. Системы технического зрения; их структура, аппаратные средства. Применение методов искусственного интеллекта в задаче распознавания объектов и анализа рабочей сцены.

Раздел 5. Вычислительные средства робототехнических и мехатронных систем

Структура и состав микропроцессорной системы для обработки информации и управления в робототехнических системах. Типовые схемы и способы программирования микропроцессоров. Архитектура микроконтроллера, работающего в реальном масштабе времени; особенности программного обеспечения. Организация интерфейса с оборудованием. Принципы построения мультипроцессорной системы управления роботом и робототехнических систем.

Раздел 6. Взаимодействие человека-оператора с робототехническими и мехатронными системами

Обобщённая функциональная схема эргатической (человеко-машинной) системы. Структура и состав интерфейса в системе «человек - робототехническая система». Способы взаимодействия оператора с роботом: проблемно-ориентированное программирование, полуавтоматическое и командное управление, копирующее управление манипулятором. Психофизиологические ограничения человека как оператора робототехнической системы. Эргономические характеристики роботов. Эргономические требования, предъявляемые к системе управления роботом и к интерфейсу.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Для реализации компетентного подхода в учебный процесс интегрируются интерактивные образовательные технологии, включая информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), а также применяются:

- учебные дискуссии (темы 2-6);
- видеотренинги (темы 1-6);
- проблемное обучение (темы 1-6);
- методы групповой работы (темы 1-6);
- компьютерная симуляция (процессов, объектов и т. п. по профилю дисциплины);
- мультимедийные технологии при проведении учебных занятий.

Самостоятельная работа студентов подкрепляется использованием ресурсов Интернет.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ АСПИРАНТОВ

6.1. Оценочные средства текущего контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости аспирантов осуществляется в форме собеседования, проводимого преподавателем по итогам изучения разделов дисциплины. Объектом оценивания выступает степень усвоения теоретических знаний и уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы, проводимой в рамках практических занятий и самостоятельной работы.

6.2. Оценочные средства промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Итоговым контролем освоения дисциплины «Роботы, мехатроника и робототехнические системы» является экзамен.

6.2.1. Вопросы для текущего контроля и промежуточной аттестации

Мехатроника - новая междисциплинарная область науки и техники

1. Краткая история становления мехатроники. Предпосылки и ключевые факторы развития. Основные термины и определения.
2. Принцип синергетической интеграции элементов мехатронной системы. Примеры мехатронных модулей и систем; их классификация; особенности конструкции.
3. Прецизионные механические системы в мехатронике; особенности конструкции и компоновки. Мехатронные устройства в микросистемном исполнении. Обобщённая структура мехатронной системы.
4. Принцип программно-аппаратной интеграции в реализации мехатронной системы. Социальное и экономическое значение мехатроники.

Робот как мехатронная система

1. Основные этапы развития робототехники. Функциональное назначение и классификация роботов по областям применения.
2. Промышленные роботы, типовые конструкции отечественных и зарубежных промышленных роботов. Классификация промышленных роботов по типу кинематической схемы. Роботы для экстремальных условий: применение роботов для выполнения операций под водой, в космическом пространстве, при ликвидации последствий аварий и т.д. Мобильные роботы и телеоператоры. Шагающие роботы, Экзоскелетона. Роботы, перемещающиеся по наклонным, вертикальным и произвольно ориентированным в пространстве поверхностям.
3. Обобщённая функциональная схема, элементы и подсистемы роботов: манипуляторы; захваты; рабочий инструмент; силовые агрегаты; механизмы разгрузки; системы очувствления; управляющие устройства; средства передвижения роботов.

Робототехнические системы

1. Понятие робототехнической системы (РТС). Структура и компоненты РТС.
2. Робототехника в современном автоматизированном производстве. Организация робототехнологических ячеек, участков и гибких производственных систем. Требования к технологическому процессу и к конструкции изделий, обусловленные роботизацией.
3. Принципы построения информационной структуры компьютеризированного производства, использующего РТС. Применение РТС в непромышленной сфере для выполнения сложных операций в недетерминированных условиях.
4. Проблемы управления многокомпонентными системами. Мини- и микроробототехнические системы. Особенности и области применения. Перспективы развития и социально-экономическое значение РТС.

Математическое описание роботов, манипуляционных механизмов и мехатронных агрегатов

1. Математическое описание роботов, манипуляционных механизмов и мехатронных агрегатов. Выбор систем координат; однородные координаты; решение задачи о положении звеньев манипулятора; прямая и обратная задачи кинематики.
2. Определение скоростей и ускорений звеньев манипулятора и обобщённых координат.
3. Особенности решения обратной задачи кинематики для механизмов с избыточностью.
4. Уравнения кинестатики манипуляционного механизма.

5. Уравнения динамики манипулятора в форме уравнений Лагранжа второго рода.
6. Принцип наименьшего принуждения Гаусса для описания динамики манипулятора.
7. Методы математического моделирования уравнений динамики манипуляционного механизма. Решение первой (обратной) и второй (прямой) задач динамики для манипулятора.
8. Уравнения движения мобильного робота. Кинематика и динамика колесных роботов. Модели движения с учётом проскальзывания.
9. Особенности динамики мини- и микроробототехнических устройств.

Управление манипуляционными механизмами и мехатронными агрегатами

1. Кинематическое управление манипулятором (по положению, по вектору скорости, по вектору силы). Полуавтоматическое, командное и копирующее управление.
2. Методы динамического управления манипуляторами.
3. Системы управления манипуляторами двустороннего действия (обратимые и необратимые, симметричные и несимметричные системы); методы анализа и синтеза таких систем. Оптимальное управление манипуляторами, критерии оптимизации; ограничения.
4. Синтез самонастраивающихся приводов, инвариантных к сложному взаимовлиянию между степенями подвижности манипулятора.
5. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов для следящих приводов.
6. Синтез регуляторов для самонастраивающихся приводов по квадратичному критерию.
7. Методы адаптивного управления роботами. Принципы обучения автоматических манипуляторов.
8. Самонастраивающаяся коррекция, стабилизирующая коэффициенты дифференциальных уравнений электроприводов роботов.
9. Системы с переменной структурой для терминального управления при дискретном изменении параметров нагрузки.
10. Синтез систем с переменной структурой второго порядка при наличии моментов трения и внешних моментов.
11. Синтез систем с переменной структурой третьего порядка с использованием воздействия по ошибке.
12. Системы с переменной структурой при непрерывно изменяющихся параметрах нагрузки.
13. Методы и процедуры автоматизированного формирования действий автономных роботов в сложных средах с препятствиями.
14. Метод синтеза системы автоматического управления режимом движения схвата манипулятора по сложным пространственным траекториям.
15. Адаптивная система формирования предельно высокой скорости движения схвата многостепенного манипулятора по произвольной траектории.
16. Позиционно-силовое управления многосвязными манипуляторами.
17. Управление мобильными роботами; методы кинематического и динамического управления подвижной платформой.
18. Управление робокаром.
19. Управление мобильным роботом в условиях неопределённости на основе нечёткой логики.
20. Методика кинематического и динамического расчёта механических прецизионных подсистем мехатронных модулей. Методика их точностного и силового расчёта; методы оптимизации движения механических подсистем.
21. Системный подход при проектировании мехатронных систем; методы автоматизированного моделирования и проектирования.
22. Современные методы интеллектуального управления мехатронными системами.

Управление робототехническими системами

1. Постановка задачи управления распределённой робототехнической системой. Понятие мультиагентной системы. Математический аппарат теории распределённых систем управления.
2. Конечные автоматы. Математическое описание робототехнологического комплекса, как сети конечных автоматов. Представление технологического задания в виде сети Петри.
3. Понятие об управляющей структуре. Методы синтеза управляющих структур.
4. Способы реализации локальных управляющих сетей, включающих роботы и автоматизированное технологическое оборудование.
5. Взаимодействие системы управления робототехнологического комплекса с системой управления современного компьютеризированного производства.
6. Системы автоматизированного проектирования роботизированных технологических комплексов.
7. Применение распределённых робототехнических систем внепроизводственной сфере.
8. Микроробототехнические системы: методы исследования, проектирования и оптимизации.
9. Особенности управления распределёнными мехатронными системами.
10. Применение методов искусственного интеллекта для управления робототехническими системами.
11. Принципы диалогового и супервизорного управления.

Исполнительные подсистемы в робототехнике и мехатронике

1. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Электромеханические приводы постоянного тока.
2. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Приводы с бесконтактными двигателями постоянного тока.
3. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Приводы переменного тока.
4. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Приводы на базе шаговых двигателей.
5. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Высокомоментные безредукторные приводы.
6. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Использование линейных двигателей и многофазных магнитов.
7. Электрогидравлические и электропневматические приводы в робототехнике и мехатронике.
8. Струйные системы управления пневматическими приводами.
9. Энергетический расчёт силовых агрегатов и принципы выбора их элементов.
10. Математическая модель исполнительной системы.
11. Методы регуляционного расчёта приводов. Принцип починенного регулирования.
12. Влияние нелинейных факторов на работу исполнительной системы.
13. Методика расчёта и автоматизированного проектирования исполнительных систем.
14. Электронные силовые подсистемы в мехатронике: принципы построения, основные характеристики и области применения.
15. Особенности расчёта и программно-аппаратной реализации исполнительных систем в мехатронике.

Информационно-сенсорные системы в робототехнике и мехатронике

1. Классификация информационных устройств, применяемых в робототехнике и мехатронике. Датчики внешней и внутренней информации. Датчики ближнего и дальнего действия, кинестетические датчики. Датчики положения, скорости, ускорения, сил и моментов, тактильные датчики. Применение лазерных и ультразвуковых дальнометров.

2. Системы технического зрения; их структура, аппаратные средства. Предварительная обработка информации. Анализ 2-мерных и 3-мерных сцен.
3. Применение методов искусственного интеллекта в задаче распознавания объектов и анализа рабочей сцены.
4. Системы силомоментного оцувствления; конструкции датчиков; способы обработки сигналов. Способы получения интегральной оценки рабочей сцены с использованием датчиков различной модальности.
5. Взаимодействие информационно-сенсорной и управляющей систем робота или мехатронного агрегата.

Вычислительные средства робототехнических и мехатронных систем

1. Структура и состав микропроцессорной системы для обработки информации и управления в РТС.
2. Типовые схемы и способы программирования микропроцессоров.
3. Архитектура микроконтроллера, работающего в реальном масштабе времени; особенности программного обеспечения. Организация интерфейса с оборудованием.
4. Принципы построения мультипроцессорной системы управления роботом и робототехнических систем.
5. Типы управляющих устройств, применяемых для управления промышленными роботами и робототехнологическими комплексами.
6. Аппаратные средства реализации информационно-сенсорных систем, включая системы технического зрения.
7. Использование универсальных ПЭВМ и рабочих станций для управления роботами и их программирования в режиме «off-line».
8. Компьютерные управляющие подсистемы в мехатронике; принципы построения и архитектура аппаратной части.

Взаимодействие человека-оператора с робототехническим и мехатронными системами

1. Обобщённая функциональная схема эргатической (человеко-машинной) системы. Структура и состав интерфейса в системе «человек - робототехническая система».
2. Обобщённая функциональная схема эргатической (человеко-машинной) системы. Способы взаимодействия оператора с роботом: проблемно-ориентированное программирование, полуавтоматическое и командное управление, копирующее управление манипулятором.
3. Обобщённая функциональная схема эргатической (человеко-машинной) системы. Психофизиологические ограничения человека как оператора робототехнической системы.
4. Обобщённая функциональная схема эргатической (человеко-машинной) системы. Эргономические характеристики роботов, РТС и мехатронных систем. Эргономические требования, предъявляемые к системе управления роботом и к интерфейсу.
5. Требования к организации рабочего места оператора и условиям его работы. Методика эргономического проектирования робототехнической системы. Программное и аппаратное обеспечение взаимодействия оператора и робототехнической системы.
6. Особенности эргономического проектирования мехатронных систем. Эволюция и перспективы в организации взаимодействия человека и сложных технических систем, обладающих элементами искусственного интеллекта.

6.3. Самостоятельная работа аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов (СРА) направлена на закрепление и углубление освоения учебного материала, полученного за время обучения. СРА предполагает ориентацию на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей аспирантов, переход от поточного и индивидуализированного к самостоятельному

обучению, с возможностями выбора траектории обучения с учетом ориентации и возможностей личности аспиранта. Для достижения указанной цели необходимо решение следующих задач:

- систематизация и закрепление знаний, полученных ранее на лекциях, и практических умений, полученных на практических занятиях;
- развитие познавательных способностей при использовании современных широких возможностей получения и усвоения информации;
- углубление и расширение теоретических знаний в смежных общепрофессиональных дисциплинах;
- увеличение объемов знаний в основных профессиональных дисциплинах по основному направлению подготовки;
- формирование умений оперативного поиска, активного и сознательного использования литературы, сети Интернет и других источников информации;
- развитие креативных способностей, исследовательских умений и приобретение навыков самостоятельного поиска решений задач.

Самостоятельная работа аспирантов рассматривается, как способ активного, целенаправленного приобретения ими новых для них знаний и умений без непосредственного участия или при ограниченном в этом процессе преподавателей.

Самостоятельная работа должна быть конкретной по своей предметной направленности; самостоятельная работа должна сопровождаться эффективным, периодическим контролем со стороны.

Самостоятельная работа аспирантов включает следующие виды деятельности:

- подготовку к практическим занятиям;
- конспектирование и реферирование первоисточников и другой научной и учебной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
- изучение учебного материала, перенесенного с аудиторных занятий на самостоятельную проработку.

Темы для самостоятельного изучения

1. Краткая история становления мехатроники. Предпосылки и ключевые факторы развития. Основные термины и определения. Принцип синергетической интеграции элементов мехатронной системы. Примеры мехатронных модулей и систем; их классификация; особенности конструкции. Прецизионные механические системы в мехатронике; особенности конструкции и компоновки. Мехатронные устройства в микросистемном исполнении. Обобщенная структура мехатронной системы. Принцип программно-аппаратной интеграции в реализации мехатронной системы. Социальное и экономическое значение мехатроники.

2. Роботы, перемещающиеся по наклонным, вертикальным и произвольно ориентированным в пространстве поверхностям.

3. Понятие робототехнической системы (РТС). Структура и компоненты РТС. Робототехника в современном автоматизированном производстве. Организация робототехнологических ячеек, участков и гибких производственных систем. Требования к технологическому процессу и к конструкции изделий, обусловленные роботизацией. Принципы построения информационной структуры компьютеризированного производства, использующего РТС. Применение РТС в непромышленной сфере для выполнения сложных операций в недетерминированных условиях. Проблемы управления многокомпонентными системами. Мини- и микроробототехнические системы. Особенности и области применения. Перспективы развития и социально-экономическое значение РТС.

4. Математическое описание роботов, манипуляционных механизмов и мехатронных агрегатов. Выбор систем координат; однородные координаты; решение задачи о положении звеньев манипулятора; прямая и обратная задачи кинематики. Определение скоростей и

ускорений звеньев манипулятора и обобщённых координат. Особенности решения обратной задачи кинематики для механизмов с избыточностью. Уравнения кинестатики манипуляционного механизма. Уравнения динамики манипулятора в форме уравнений Лагранжа второго рода. Принцип наименьшего принуждения Гаусса для описания динамики манипулятора.

5. Эффекты взаимовлияний между степенями подвижности манипулятора. Механическая разгрузка его движений.

6. Классификация приводов, используемых в робототехнике и мехатронике. Электромеханические приводы постоянного тока. Приводы с бесконтактными двигателями постоянного тока. Приводы переменного тока. Приводы на базе шаговых двигателей. Высокомоментные безредукторные приводы. Использование линейных двигателей и многофазных магнитов. Электрогидравлические и электропневматические приводы в робототехнике и мехатронике. Струйные системы управления пневматическими приводами.

7. Электронные силовые подсистемы в мехатронике: принципы построения, основные характеристики и области применения. Особенности расчёта и программно-аппаратной реализации исполнительных систем в мехатронике.

8. Системы управления манипуляторами двустороннего действия (обратимые и необратимые, симметричные и несимметричные системы); методы анализа и синтеза таких систем. Оптимальное управление манипуляторами, критерии оптимизации; ограничения. Методы адаптивного управления роботами. Корректирующие устройства, стабилизирующие параметры передаточных функций электроприводов роботов.

9. Самонастраивающаяся коррекция, стабилизирующая коэффициенты дифференциальных уравнений электроприводов роботов. Системы с переменной структурой для терминального управления при дискретном изменении параметров нагрузки. Синтез систем с переменной структурой второго порядка при наличии моментов трения и внешних моментов. Синтез систем с переменной структурой третьего порядка с использованием воздействия по ошибке. Системы с переменной структурой при непрерывно изменяющихся параметрах нагрузки. Алгоритмы адаптивной коррекции и автоматической генерации программ движения осязательных роботов.

10. Методы и процедуры автоматизированного формирования действий автономных роботов в сложных средах с препятствиями. Метод синтеза системы автоматического управления режимом движения схвата манипулятора по сложным пространственным траекториям. Адаптивная система формирования предельно высокой скорости движения схвата многостепенного манипулятора по произвольной траектории. Позиционно-силовое управление многозвеньными манипуляторами.

11. Применение лазерных и ультразвуковых дальномеров. Системы силомоментного осязания. Способы получения интегральной оценки рабочей сцены с использованием датчиков различной модальности. Взаимодействие информационно-сенсорной и управляющей систем робота или мехатронного агрегата.

12. Управление робокаром. Управление мобильным роботом в условиях неопределённости на основе нечёткой логики.

13. Постановка задачи управления распределённой робототехнической системой. Понятие мультиагентной системы. Математический аппарат теории распределённых систем управления. Конечные автоматы. Математическое описание робототехнологического комплекса, как сети конечных автоматов. Представление технологического задания в виде сети Петри. Понятие об управляющей структуре. Методы синтеза управляющих структур. Способы реализации локальных управляющих сетей, включающих роботы и автоматизированное технологическое оборудование. Взаимодействие системы управления робототехнологического комплекса с системой управления современного компьютеризированного производства. Системы автоматизированного проектирования роботизированных технологических комплексов. Применение распределённых робототехнических систем внепроизводственной сфере. Микроробототехнические системы:

методы исследования, проектирования и оптимизации. Особенности управления распределёнными мехатронными системами. Применение методов искусственного интеллекта для управления робототехническими системами. Принципы диалогового и супервизорного управления.

14. Типы управляющих устройств, применяемых для управления промышленными роботами и робототехнологическими комплексами. Аппаратные средства реализации информационно-сенсорных систем, включая системы технического зрения. Использование универсальных ПЭВМ и рабочих станций для управления роботами и их программирования в режиме «off-line». Компьютерные управляющие подсистемы в мехатронике; принципы построения и архитектура аппаратной части.

15. Требования к организации рабочего места оператора и условиям его работы. Методика эргономического проектирования робототехнической системы. Особенности эргономического проектирования мехатронных систем. Эволюция и перспективы в организации взаимодействия человека и сложных технических систем, обладающих элементами искусственного интеллекта.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература:

1. Егоров О.Д. Конструирование механизмов роботов [Электронный ресурс]: Учебник/ О.Д. Егоров. – М.: Абрис, 2012. – 444 с.: ил. – ISBN 978-5-4372-0035-3. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200353.html>.

2. Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: учебное пособие / А. П. Лукинов. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 605 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (80,8 Мб). — (Учебники для вузов, Специальная литература). — Библиогр.: с. 596-600. — ISBN 978-5-8114-1166-5. (библ. ВлГУ).

3. Масандилов Л.Б. Машиностроение. Электроприводы. Т. IV-2 [Электронный ресурс] / Л.Б. Масандилов, Ю.Н. Сергиевский, С.К. Козырев; ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 2012. - 520 с.: ил. - ISBN 978-5-94275-585-0. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942755850.html>.

4. Кобзев А.А. Системы автоматического управления с параллельной прогнозирующей моделью / А.А. Кобзев, Ю.Е. Мишулин, Н.А. Новикова, А.В. Лекарева. – Владимир: ВлГУ, 2014. – 160 с. – ISBN 978-5-9984-0507-5. – Режим доступа: <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3872/1/01380.pdf>.

б) дополнительная литература:

1. Техническая механика. Кн. 4. Детали машин и основы проектирования [Электронный ресурс]: учебное пособие/ под ред. Д.В. Чернилевского - М.: Машиностроение, 2012. - 160 с. - ISBN 978-5-94275-613-0. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785942756130.html>

2. Егоров И.Н. Позиционно-силовое управление робототехническими и мехатронными устройствами [Электронный ресурс]: монография/ И. Н. Егоров; Владимирский государственный университет (ВлГУ) – Владимир, 2010. – 191 с. – ISBN 978-5-9984-0116-9. – Режим доступа: <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3008/1/00642.pdf>.

3. Машков К.Ю. Состав и характеристики мобильных роботов: учеб. пособие по курсу "Управление роботами и робототехническими комплексами" [Электронный ресурс] / К.Ю. Машков, В.И. Рубцов, И.В. Рубцов. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.

– 75 с.: ил. – ISBN 978-5-7038-3866-2. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703838662.html>.

4. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов и производств [Электронный ресурс]: Учебник /А.Г. Схиртладзе, А.В. Федотов, В.Г. Хомченко. - М.: Абрис, 2012. - 565 с.: ил. - ISBN 978-5-4372-0073-5. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200735.html>

5. Устюжанин А.Д. Динамическая идентификация и оценивание состояния человека-оператора в системах «человек – машина» [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.Д. Устюжанин, К.А. Пупков. - М.: Издательство РУДН, 2011. - 180 с. : ил. - ISBN 978-5-209-03604-3. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785209036043.html>.

6. Комлацкий В.И. Планирование и организация научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.И. Комлацкий, С.В. Логинов, Г.В. Комлацкий. - Ростов н/Д: Феникс, 2014. -204 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-222-21840-2. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785222218402.html>.

7. В.И. Матюхин Управление механическими системами [Электронный ресурс] / В.И. Матюхин - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 320 с. - ISBN 978-5-9221-1136-2. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111362.html>.

в) периодические издания (Российская Федерация):

1. Научно технический журнал «Мехатроника, автоматизация, управление».
2. Научно технический журнал «Известия ВУЗ «Электромеханика».
3. Научно технический журнал «Вестник машиностроения».

г) интернет-ресурсы:

1. Егоров О.Д. Робототехнические мехатронные системы. [Электронный ресурс] / О.Д. Егоров, Ю.В. Подураев, М.А. Бубнов - М.: Издательство Станкин. - 2015. – 328 с. Доступ по регистрации на сайте <http://www.kodges.ru/nauka/tehnika1/303427-robototekhnicheskie-mehatronnye-sistemy.html>.

2. Курс лекций компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ncsystems.ru/index.php/rukafedra-ksu/obuchenie/lektsii>, свободный.

3. Воронников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. пособие. [Электронный ресурс] – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с. – Режим доступа: <http://www.padahead.com/?book=3143&pg=3>, свободный.

4. Бобцов А.А. Адаптивное управление возмущенными системами. Учебное пособие. [Электронный ресурс] / А.А. Бобцов, В.О. Никифоров, А.А. Пыркин, — СПб.: Университет ИТМО, 2015. — 126с. Режим доступа: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/.pdf>, свободный.

3. Электронная библиотека Mexalib. – Режим доступа: <http://mexalib.com/tag/>, свободный.

5. Раздел по робототехнике в электронной библиотеке радиолобителя RadioSover.ru. – Режим доступа при регистрации на сайте: <http://www.radiosovet.ru/book/robototekhnika/>, свободный.

6. Научная электронная библиотека «Киберленинка». – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/>, свободный.

7. Общероссийский математический портал. – Режим доступа при регистрации на сайте: <http://www.mathnet.ru/>, свободный.

8. Лекции, учебники книги по нейронным сетям. - Режим доступа: <http://alife.narod.ru/lectures/>, свободный.

9. Нейронные сети в Matlab. - Режим доступа: <http://нейронные-сети.рф/>, свободный.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Лекционные занятия:

- a) комплект электронных презентаций/слайдов;
- b) учебная аудитория 109-2, количество рабочих мест – 25, площадь 53,4 м², оснащение: мультимедийное оборудование, настенная доска, маркер, ПЭВМ Pentium 4. Pentium Dual Core, телевизор SUPRA;
- c) компьютерный класс 105а-2, количество рабочих мест – 12, площадь 34,1 м²,оснащение: ПЭВМ 12 машин, доска, фломастер, пакеты ПО: MS Office, MS PowerPoint, MatLab);
- d) аудитория 106а-2, площадь 18м², оснащение: диагностический стенд, робот РМ-01, набор испытательной аппаратуры на основе LabVIEW, компоненты роботов (электроприводы, модуль управления).
- e) учебная аудитория 118-4, количество рабочих мест – 50, площадь 54,6 м², оснащение: Робот FANUC710IC/50, лазер ЛС4, позиционер FANUC AC Servo Vjnju/1- AXIS Servo Positioner AJ 5B-122- J102 1000/1500kg payload (Hollowtype), программное обеспечение ROBOGUIDE.

2. Прочее:

- a) рабочие места преподавателя и аспирантов оснащены компьютером с доступом в Интернет.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению 15.06.01 «Машиностроение» и направленности (профилю) подготовки «Роботы, мехатроника и робототехнические системы».

Рабочую программу составили

д.т.н., профессор  А.А. Кобзев

к.т.н., профессор  В.А. Немонтов

к.т.н., профессор  В.П. Умнов

Рецензент

ООО «Завод инновационных продуктов «Концерн тракторные заводы»

д.т.н., доцент  А.Р. Кульчицкий

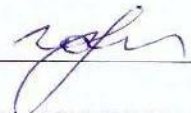
Подпись Кульчицкого А.Р. заверяю:

Специалист по кадрам и охране труда

ООО «Завод инновационных продуктов «КТЗ»

 И.Е. Каллиопина

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МиЭСА протокол № 12 от 15.05.15 года.

Заместитель заведующего кафедрой МиЭСА  Ю.Е. Мишулин

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.06.01 «Машиностроение» («Роботы, мехатроника и робототехнические системы»)

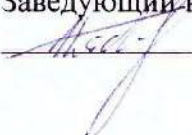
Протокол № 2 от 21.05.2015 года

Председатель комиссии  А.А. Кобзев

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)**

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

Кафедра «Мехатроника и электронные системы автомобилей»

Актуализированная
рабочая программа
рассмотрена и одобрена
на заседании кафедры
протокол № 3 от 31.10 2016 г.
Заведующий кафедрой
 А.А. Кобзев

Актуализация рабочей программы дисциплины
РОБОТЫ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Направление подготовки 15.06.01 Машиностроение

Направленность (профиль) подготовки Роботы, мехатроника и робототехнические системы

Уровень высшего образования Подготовка кадров высшей квалификации

Форма обучения очная

Владимир 2016

Рабочая программа учебной дисциплины актуализирована в части рекомендуемой литературы.

Актуализация выполнена: _____ профессор Кобзев А.А.

а) основная литература:

1. Жмудь В.А. Динамика мехатронных систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Жмудь В.А., Французова Г.А., Востриков А.С.— Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. – 176 с. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45367>.
2. Изоткина Н. Ю. Инновационные технологии управления в мехатронике и робототехнике: учеб. пособие. [Электронный ресурс] / Н.Ю. Изоткина, Ю.М. Осипов, В.И. Сырянкин. — Томск: ТГУ, 2015. — 220 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/68263>.
3. Кобзев А.А. Системы автоматического управления с параллельной прогнозирующей моделью / А.А. Кобзев, Ю.Е. Мишулин, Н.А. Новикова, А.В. Лекарева. – Владимир: ВлГУ, 2014. – 160 с. – ISBN 978-5-9984-0507-5. – Режим доступа: <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/3872/1/01380.pdf>.
4. Trends in Applied Mechanics and Mechatronics: Сборник научно-методических статей. Том 1 /М. Н. Кирсанов - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 120 с. - ISBN 978-5-16-011287-9. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=518946>.
5. Теория управления в примерах и задачах: учебное пособие, 2-е изд., стереотип.: учебное пособие, - 2-е изд. - М.:НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 584 с.: - ISBN 978-5-16-011862-8. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=542627>.

б) дополнительная литература:

1. Машков К.Ю. Состав и характеристики мобильных роботов: учеб. пособие по курсу «Управление роботами и робототехническими комплексами» [Электронный ресурс] / К.Ю. Машков, В.И. Рубцов, И.В. Рубцов. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 75 с.: ил. – ISBN 978-5-7038-3866-2. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703838662.html>.
2. Вильке В.Г. Механика систем материальных точек и твердых тел [Электронный ресурс]/ В.Г. Вильке - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 268 с. - ISBN 978-5-9221-1481-3. - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114813.html>.
3. Пашков, Е.В. Следящие приводы промышленного технологического оборудования. [Электронный ресурс] / Е.В. Пашков, В.А. Крамарь, А.А. Кабанов. — СПб.: Лань, 2015. — 368 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/61367>.
1. Веселов, О.В. Методы искусственного интеллекта в диагностике: учеб. пособие/ О.В. Веселов, П.С. Сабуров; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. – 251 с. – ISBN 978-5-9984-0579-2. – Режим доступа: <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4366/1/01461.pdf>.
4. Рубан А.И. Адаптивные системы управления с идентификацией/ Рубан А. И. - Краснояр.: СФУ, 2015. - 140 с. - ISBN 978-5-7638-3194-8. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=550540>
5. Галушкин, А.И. Нейронные сети: основы теории. [Электронный ресурс] / А.И. Галушкин — М.: Горячая линия-Телеком, 2012. — 496 с. – ISBN 978-5-9912-0082-0. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785991200820.html>.
6. Лейбов Р.Л. Прикладные методы теории управления [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Р.Л. Лейбов - М.: Издательство АСВ, 2014. - 192 с. - ISBN 978-5-93093-953-8. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939538.html>.

7. Лукинов А. П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: учебное пособие / А. П. Лукинов. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 605 с.: ил. + 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) (80,8 Мб). — (Учебники для вузов, Специальная литература). — Библиогр.: с. 596-600. — ISBN 978-5-8114-1166-5. (библ. ВлГУ).
8. Формальский А.М. Управление движением неустойчивых объектов [Электронный ресурс] / А.М. Формальский - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. - 232 с. - ISBN 978-5-9221-1460-8. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114608.html>.
9. Цыкунов А.М. Робастное управление объектами с последействием [Электронный ресурс] / А.М. Цыкунов - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. - 264 с. - ISBN 978-5-9221-1576-6. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115766.html>.
10. Цыкунов А.М. Робастное управление с компенсацией возмущений [Электронный ресурс] / Цыкунов А.М. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 300 с. - ISBN 978-5-9221-1418-9. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922114189.html>.

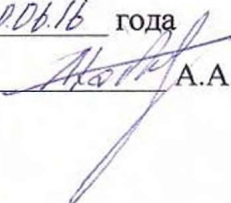
в) периодические издания (Российская Федерация):


1. Научно технический журнал «Мехатроника, автоматизация, управление».
2. Научно технический журнал «Известия ВУЗ «Электромеханика».
3. Научно технический журнал «Вестник машиностроения».

г) Интернет-ресурсы:

1. Егоров О.Д. Робототехнические мехатронные системы. [Электронный ресурс] / О.Д. Егоров, Ю.В. Подураев, М.А. Бубнов - М.: Издательство Станкин. - 2015. – 328 с. Доступ по регистрации на сайте <http://www.kodges.ru/nauka/tehnika1/303427-robototekhnicheskie-mehatronnye-sistemy.html>.
2. Курс лекций компьютерных систем управления МГТУ «СТАНКИН» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ncsystems.ru/index.php/rukafedra-ksu/obuchenie/lektcii>, свободный.
3. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. пособие. [Электронный ресурс] – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с. – Режим доступа: <http://www.padahead.com/?book=3143&pg=3>, свободный.
4. Бобцов А.А. Адаптивное управление возмущенными системами. Учебное пособие. [Электронный ресурс] / А.А. Бобцов, В.О. Никифоров, А.А. Пыркин, — СПб.: Университет ИТМО, 2015. — 126с. Режим доступа: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/.pdf>, свободный.
3. Электронная библиотека Mexalib. – Режим доступа: <http://mexalib.com/tag/>, свободный.
5. Раздел по робототехнике в электронной библиотеке радиолюбителя RadioSover.ru. – Режим доступа при регистрации на сайте: <http://www.radiosovet.ru/book/robototekhnika/>, свободный.
6. Научная электронная библиотека «Киберленинка». – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/>, свободный.
7. Общероссийский математический портал. – Режим доступа при регистрации на сайте: <http://www.mathnet.ru/>, свободный.
8. Лекции, учебники книги по нейронным сетям. - Режим доступа: <http://alife.narod.ru/lectures/>, свободный.
9. Нейронные сети в Matlab. - Режим доступа: <http://нейронные-сети.рф/>, свободный.
10. Полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Springer по различным отраслям знаний. – Режим доступа из внутренней сети ВлГУ: <http://link.springer.com/>.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ
РОБОТЫ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год
Протокол заседания кафедры № 15 от 30.06.16 года
Заведующий кафедрой  А.А. Кобзев

Рабочая программа одобрена на 2017/18 учебный год
Протокол заседания кафедры № 13 от 29.06.17 года
Заведующий кафедрой  А.А. Кобзев

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год
Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года
Заведующий кафедрой _____ А.А. Кобзев