**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**
Проректор
по учебно-методической работе
_____ А.А.Панфилов
«28» 04 2015 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
## Моделирование мехатронных и робототехнических систем

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Профиль/программа подготовки:

Уровень высшего образования: прикладной бакалавриат

Форма обучения: очная

| Семестр | Трудоемкость зач. ед./ час. | Лекции, час. | Практич. ня-тия,час | Лаборат. работы, час. | СРС, час. | Форма промежуточного контроля (экз./зачет) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 4/144 | 8 | 8 | 16 | 76 | 36/экзамен |
| Итого | 4/144 | 8 | 8 | 16 | 76 | 36/экзамен |

Владимир 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знания основ современных методов функционального, математического и имитационного моделирования электромеханических систем различного назначения; методов построения моделей мехатронных и робототехнических систем для конкретного применения и их компьютерной реализации

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Моделирование мехатронных и робототехнических систем» относится к вариативной части Б.1.В.ОД блока дисциплин ОПОП прикладного бакалавриата по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

2.1 Для освоения дисциплины «Моделирование мехатронных и робототехнических систем» необходимы знания, умения и готовности обучающегося по указанным разделам следующих дисциплин:

| Дисциплины | Разделы | Знания, умения, навыки |
|---|---|---|
| Математика | Функции и графики; дифференциальное и интегральное исчисление; | навыки решения линейных уравнений;<br>уметь выполнять арифметические операции; уметь дифференцировать и брать определенные интегралы;<br>знать основные понятия об обыкновенных диф. уравнениях и уметь решать линейные диф. уравнения; |
| Физика | механика твердого тела; кинематика и динамика материальных тел; упругие деформации; работа и энергия | знать основные законы классической механики; уметь пользоваться физическими законами механического движения при решении типовых задач; |
| Теория автоматического управления | построение математического описания элементов систем управления; методы исследования систем автоматического управления | знать основы математического описания элементов систем управления и методы исследования систем автоматического управления |

2.2. Дисциплины, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

- «Проектирование мехатронных и робототехнических систем»;
- «Компьютерное управление мехатронными и робототехническими системами»

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Освоение дисциплины «Моделирование мехатронных и робототехнических систем» направлено на формирование общепрофессиональных (ОПК) компетенций:

| Компетенции | Предметное содержание способности |
|---|---|
| владение физико-математическим аппаратом, необходимым для описания мехатронных и робототехнических систем (ОПК-2) | уметь применять основные законы физики и математические методы для составления моделей мехатронных и робототехнических систем;<br>знать методику составления расчетных схем; |
| готовность участвовать в проведении предварительных испытаний составных частей опытного образца мехатронной или робототехнической системы по заданным программам и методикам и вести соответствующие журналы испытаний (ПК-27) | уметь проводить модельные эксперименты; уметь обобщать и анализировать результаты моделирования, аргументировано и логически верно представлять (устно и письменно) результаты выполненных самостоятельно практических и лабораторных работ;<br>уметь выполнять лабораторные и практические работы в составе бригады, уметь выполнять необходимые расчеты с использованием физико-математического аппарата;<br>уметь представлять отчеты по выполненным работам в виде упрощенных технических отчетов. |

3.2. В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**знать:**

- основы теории моделирования систем (ОПК-2);
- методы получения моделей (ОПК-2);
- общие сведения о библиотеке MATLAB и ее приложениях (ПК-27);
- методику составления расчетных схем (ПК-27);
- модели действия нагрузок на конструктивные элементы робота и мехатронного модуля (ОПК-2);

**уметь:**

- применять основные законы физики и математические методы для составления моделей мехатронных и робототехнических систем (ОПК-2);
- проводить модельные эксперименты (ПК-27);
- обобщать и анализировать результаты моделирования (ПК-27);

**владеть:**

- навыками составления математических и компьютерных моделей мехатронных и робототехнических устройств (ОПК-2);
- навыками проведения модельных экспериментов (ПК-27);
- методикой обработки результатов моделирования (ПК-27)

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа

| № п/п | Раздел (тема) | Семестр | Неделя семест-ра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) | Объем учебной работы, с примене- | Формы текущего контроля успеваемости *(по неделям* |
|---|---|---|---|---|---|---|

| | дисциплины | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | Контрольные работы | СРС | КП / КР | нием интерактивных методов (в часах / %) | *семестра),* форма промежуточной аттестации *(по семестрам)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Общие положения теории моделирования | 8 | 1-2 | 2 | | 2 | | 12 | | 2/100 | Рейтинг-контроль №1 |
| 2 | Математические основы моделирования. Построение моделей мехатронных модулей и роботов. | 8 | 3-5 | 3 | 4 | 6 | | 24 | | 10/77 | Рейтинг-контроль №2 |
| 3 | Имитационное моделирование. Обработка результатов машинного эксперимента. | 8 | 6 - 8 | 3 | 4 | 8 | | 40 | | 14/93 | Рейтинг-контроль №3 |
| Всего 144 | | | | 8 | 8 | 16 | | 76 | | 26/81 | 36/экзамен |

**4.1. Лекции**

**Раздел 1. Общие положения теории моделирования**

Моделирование; основные понятия и определения. Моделирование как метод познания мира Модели и моделирование; основные понятия и определения ( аналогия, гипотеза, аналитическое и численное моделирование ) . Классификация моделей. Основные свойства моделей. Методы получения моделей.

Схема процесса получения моделей и ее основные этапы. Первичные и вторичные модели. Модели в пространстве состояний и параметров. Машинный, натурный и полунатурный эксперименты в моделировании и исследовании.

**Раздел 2 Математические основы моделирования. Построение моделей мехатронных модулей и роботов.**

Дифференциальные уравнения как основная форма представления динамических систем. Линейные и нелинейные системы. Математические модели основных нелинейностей. Структурные модели. Модели в операторной форме. Модели механических систем, приводов, устройств управления.

Модели мехатронных модулей и роботов

**Раздел 3 Имитационное моделирование в среде MATLAB. Обработка результатов машинного эксперимента.**

Общие сведения о библиотеке MATLAB и ее приложениях. Установка. Меню командного окна. Настройка системы. Средства помощи пользователю. Визуальное моделирование с использованием пакетов Simulink и Sim Mechanics.Пакет визуального моделирования Simulink. Организация работы с библиотекой. Основные разделы библиотеки. Вирту-

альные блоки. Подсистемы. Пакет Sim Mechanics.

Планирование и обработка результатов машинного эксперимента. Понятие факторного пространства. Наблюдаемая переменная и дисперсия воспроизводимости эксперимента. Стратегическое планирование имитационного эксперимента. Тактическое планирование эксперимента. Оценка качества и адекватности имитационной модели. Подбор параметров распределения. Оценка влияния и взаимосвязи факторов.

### 4.2. Практические занятия

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Объем, часов | Тема практического занятия |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | Структурный анализ электромеханических систем как объектов моделирования |
| 2 | 2 | 2 | Математическая модель двигателя постоянного тока. Линейная и нелинейная модели синхронного и асинхронного двигателей |
| 3 | 3 | 2 | Изучение основ библиотеки моделирования MATLAB |
| 4 | 3 | 2 | Планирование и обработка результатов машинного эксперимента |
| Итого: | | 8 | |

### 4.3. Лабораторные занятия

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Объем, часов | Тема лабораторной работы |
|---|---|---|---|
| 1. | 2 | 2 | Составление модели двухмассовой механической системы |
| 2. | 2 | 2 | Составление модели и исследование передачи винт - гайка. |
| 3. | 2 | 4 | Исследование шарнирно-рычажного механизма робота с помощью компьютерной модели в Sim Mechanics |
| 4. | 2 | 2 | Компьютерное моделирование следящего привода |
| 5. | 3 | 2 | Компьютерное моделирование робота с цикловым управлением |
| 6. | 3 | 2 | Компьютерное моделирование робота с позиционным управлением |
| 7. | 3 | 2 | Компьютерное моделирование робота с контурным управлением |
| Итого: | | 16 | |

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

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

- учебные дискуссии;
- видеотренинги;

- проблемное обучение;
- методы групповой работы;
- компьютерная симуляция (процессов, объектов и т. п. по профилю дисциплины);
- мультимедийные технологии при проведении учебных занятий.

Для проведения контрольных мероприятий предлагается использовать компьютерные контрольные задания.

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 СТУДЕНТОВ

**Текущий контроль:**

### 6.1. Рейтинг-контроль, 3 сем

*Задания к рейтинг – контролю №1*

1 Назначение моделирования

2 Классификация моделей

3 Способы получения моделей

4 Свойства моделей

5 Основные этапы моделирования

6 Схема получения модели

7 Первичные и вторичные модели

8 Пример модели в пространстве состояний

9 Пример модели в пространстве параметров

10 Особенности виртуального, натурного и полунатурного экспериментов

11 Понятие имитационного моделирования

12 Различия реального и «машинного» времени

13 Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений

14 Использование методов теории автоматического управления для исследования мехатронных модулей и роботов

15 Методы моделирования при исследовании мехатронных и робототехнических систем

*Задания к рейтинг – контролю №2*

1 Основные задачи моделирования мехатронных и робототехнических систем

2 Классификация электромеханических устройств мехатронных и робототехнических систем

3 Представление компонентов мехатронных и робототехнических систем типовыми динамическими звеньями

4 Нелинейные характеристики мехатронных и робототехнических систем

5 Структурные схемы компонентов мехатронных и робототехнических систем

6 Математическая модель двигателя постоянного тока

7 Математическая модель асинхронного двигателя

8 Математическая модель синхронного двигателя

9 Математическая модель пьезодвигателя

10 Модель электромагнитной фрикционной муфты

11 Модель электромагнитного реле

12 Модель привода с микродвигателем и редуктором

13 Модель поворотного модуля

14 Модель привода вертикального перемещения
15 Модель привода поступательного перемещения

*Задания крейтинг – контролю №3*

1 Общие сведения о библиотеке MATLAB
2 Пакет Simulink
3 Основные сведения о пакете SimMechanics
4 Библиотека Power Lieb
5 Алгоритм проведения машинного эксперимента
6 Факторное пространство
7 Планирование машинного эксперимента
8 Тактика эксперимента
9 Оценка адекватности модели
10 Регистрация результатов эксперимента
11 Интервалы варьирования переменными
12 Оценка результатов эксперимента

**Промежуточная аттестация:**

**6.2 Экзамен, 8 семестр.**

1. Назначение моделирования. Классификация моделей
2. Способы получения моделей. Свойства моделей
3. Основные этапы моделирования. Схема получения модели
4. Пример модели в пространстве состояний
5. Пример модели в пространстве параметров
6. Понятие имитационного моделирования
7. Методы решения обыкновенных дифференциальных уравнений
8. Использование методов теории автоматического управления для исследования мехатронных модулей и роботов
9. Методы моделирования при исследовании мехатронных и робототехнических систем Законы поступательного движения
10. Классификация электромеханических устройств мехатронных и робототехнических систем
11. Представление компонентов мехатронных и робототехнических систем типовыми динамическими звеньями
12. Нелинейные характеристики мехатронных и робототехнических систем
13. Структурные схемы компонентов мехатронных и робототехнических систем
14. Математическая модель двигателя постоянного тока
15. Математическая модель асинхронного двигателя
16. Математическая модель синхронного двигателя
17. Математическая модель пьезодвигателей
18. Модель электромагнитной фрикционной муфты
19. Модель электромагнитного реле
20. Модель привода с микродвигателем и редуктором
21. Модель поворотного модуля
22. Модель привода вертикального перемещения
23. Модель привода поступательного перемещения
24. Алгоритм проведения машинного эксперимента
25. Планирование машинного эксперимента

26. Оценка адекватности модели

27. Оценка результатов эксперимента

### 6.3 Самостоятельная работа студентов

Самостоятельная работа студента выполняется в соответствии с учебным планом и программой дисциплины. Самостоятельная работа выполняется с целью углубления и закрепления теоретических знаний и в период подготовки и выполнения лабораторных занятий. Для самостоятельной работы используется основная и дополнительная литература, периодические издания (журналы и ресурсы интернет), указанные в разделе 7 настоящей рабочей программы. Могут быть также использованы другие источники, имеющиеся в свободном доступе. В отчете по СРС дается перечень использованных источников. Самостоятельная работа включает в себя также рефераты, представляемые в электронном виде, по согласованным с преподавателем темам из разделов курса.

| Темы | № п/п | Темы СРС | Трудоемкость, часов |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | Общие положения теории моделирования. Математические основы моделирования | 12 |
| 2 | 2 | . Построение моделей мехатронных модулей и роботов. | 24 |
| 3 | 3 | Имитационное моделирование. Пакет Simulink.Основные сведения о пакете SimMechanics. Библиотека Power Lieb. Обработка результатов машинного эксперимента | 40 |

## 7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**а) основная литература:**

1. Математическое моделирование динамической прочности конструкционных материалов [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Белов Н.Н., Копаница Д.Г., Югов Н.Т. - М.: Издательство АСВ, 2013.. Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939811.html

2. Экспериментальные исследования в мехатронныхсистемах. В 2 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / С.В. Овсянников, А.А. Бошляков, А.О. Кузьмина. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0141.html

3. Методы моделирования и цифровая обработка сигналов в гироскопии [Электронный ресурс] / Басараб М.А., Кравченко В.Ф., Матвеев В.А. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008.. Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922108096.html

**б) дополнительная литература:**

1. Трехмерное моделирование в AutoCAD 2012 [Электронный ресурс] / Габидулин В.М. - М. : ДМК Пресс, 2011. Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940746942.html

2. "Изучение способов управления электроприводом переменного тока на базе программируемых логических контроллеров: метод. указания по курсу "Электроприводы роботов" [Электронный ресурс] / В.А. Польский, А.В. Ванин; под ред. А.С. Ющенко. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010." Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0267.html

3. "КОМПАС-3D. Моделирование, проектирование и расчет механических систем [Электронный ресурс] / Кудрявцев Е. М. - М. : ДМК Пресс, 2008. - (Серия "Проектирование").". Режим доступа: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940744184.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».

## 8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Лекционные занятия (ауд.109-2):

a) доска, маркер, комплект электронных презентаций/слайдов, учебные видеофильмы

b) аудитория, оснащенная презентационной техникой (телевизор, компьютер/ноутбук).

2. Лабораторные занятия (ауд.106-2):

a) компьютерный класс (10 компьютеров);

b) пакет ПО общего назначения (MS Office), пакет Matlab ;

3. Прочее:

a) рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,

b) рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

Рабочую программу составил: _____ к.т.н., доцент Умнов В.П..

Рецензент (представитель работодателя):
ООО ВСЗ «Техника».
Главный конструктор _____ Юдин В.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МиЭСА.

протокол № 8 от 27 апреля 2015 года

Заведующий кафедрой _____ Кобзев А.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника».

протокол № 3 от 28 апреля 2015 года

Председатель комиссии _____ Кобзев А.А.

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ**
**РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**
**МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Рабочая программа одобрена на 2015 - 2016 учебный год

Протокол заседания кафедры № 1 от 01.09.15 года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 2016 - 2017 учебный год

Протокол заседания кафедры № 15 от 30.06.16 года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на _____ учебный год

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____