

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



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по ОД

А.А.Панфилов

2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Направление подготовки **15.04.06 Мехатроника и робототехника**

Профиль/программа подготовки **Проектирование и производство мехатронных и робототехнических системы транспортных средств**

Уровень высшего образования **магистратура**

Форма обучения **очная**

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточ- ного контроля (экз./зачет)
3	3/108	-	14	14	80	зачет
4	3/108			16	47	45/экз.
Итого	6/216	-	14	30	127	Зачет, 45/экз.

Владимир 2018

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование знаний в области робототехники и мехатроники, включая знания, умения, навыки и социально-личностные качества, для достижения следующих результатов образования (РО): на уровне представлений: получение информации, необходимой для анализа, расчета и моделирования мехатронных и робототехнических систем; на уровне воспроизведения: выбор метода моделирования, модели и определение параметра элементов, анализ и определение факторов, определяющих процесс; на уровне понимания: овладение методами моделирования, позволяющими получать качественные результаты при решении теоретических и прикладных задач мехатроники и робототехники на основных этапах проектирования.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Методы моделирования мехатронных и робототехнических систем» относится к вариативной части Б.1.ВДВ.03.01 блока дисциплин ОПОП магистратуры по направлению 15.04.06 «Мехатроника и робототехника».

Данный курс основан на знаниях, полученных студентами при изучении математики, математических основ теории управления, теоретической электротехники, теории автоматического управления, электромеханических и мехатронных систем и является основой при изучении методов моделирования систем управления и мехатронных систем.

В результате изучения курса студенты должны уметь самостоятельно и творчески проводить расчеты, моделирование и исследования систем управления, уметь самостоятельно применять основные положения методов моделирования применительно к решению конкретных задач создания и эксплуатации электромеханических и мехатронных систем.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения дисциплины студент формирует и демонстрирует обще профессиональные компетенции ОПК-2: владением в полной мере основным физико-математическим аппаратом, необходимым для описания и исследования разрабатываемых систем и устройств и профессиональные компетенции ПК-1, ПК-3, ПК11: способностью составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем, включая исполнительные, информационно-сенсорные и управляющие модули, с применением методов формальной логики, методов конечных автоматов, сетей Петри, методов искусственного интеллекта, нечеткой логики, генетических алгоритмов, искусственных нейронных и нейро - нечетких сетей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования.

Знать:

основы теории построения моделей систем, базисные понятия принципов и методов моделирования робототехнических и мехатронных систем;

Уметь:

применять методы моделирования при проектировании мехатронных и робототехнических систем;

формализовать прикладные задачи робототехники и мехатроники;

выбирать наиболее эффективные модели для построения систем, строить математическое описание процесса, оптимизировать характеристики моделей.

Владеть:

навыками, необходимыми экспериментатору для принятия решений на основе использования методов моделирования: выбирать область, в которой имеет смысл такое моделирование; использовать имеющиеся данные при составлении моделей различного типа;

принимать решения о необходимых методах анализа мехатронных и робототехнических систем.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел (тема)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоёмкость (в часах)							Объём учебной работы с применением интерактивных методов (в час/%)	Формы текущего контроля успеваемости промежуточной аттестации
				Лекции	Семинары	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП/КР		
1.	Методы моделирования, области применения, технологии моделирования, виды моделей	3	1-4	-		4	6		24		5/50	Рейтинг-контроль 1
2.	Компьютерное моделирование, программы для моделирования	3	5-8	-		4	6		28		5/50	Рейтинг - контроль 2
3	Модели и моделирование с использованием искусственного интеллекта	3	9-18	-		6	6		28		6/50	Рейтинг-контроль 3
	ВСЕГО за семестр		18	-		14	14		80		16/50	зачет
4	Сети Петри	4	1-4	-			5		15		2,5/50	Рейтинг-контроль
5	Модели объектов в нотациях сетей Петри	4	5-9	-			5		15		2,5/50	Рейтинг - контроль 2
6	Нейро-нечеткие сети Петри	4	10	-			6		17		3/50	Рейтинг-контроль 3
	ВСЕГО за семестр		10	-			16		47		8/50	45/Экзамен

4.1. Лекции учебным планом не предусмотрены

4.2. Практические занятия

№ п/п	Номер раз-дела дисциплины	Объ ем, ча-сов	Тема практического занятия
1	1	2	Знакомство с основными блоками подсистемы Simulink пакета Matlab. Построение и исследование моделей систем
2	1	2	Изучение пакета Simulink
3	1	2	Построение моделей мехатронных узлов подготовка их к моделированию.
4	2	6	Изучение пакетов nnTool и Fuzzy Logic
5	3	6	Модели на основе искусственного интеллекта
Итого:		18	

4.3. Лабораторные работы

Лабораторная работа №1. Построение модели двигателя постоянного тока в среде MatLab

Лабораторная работа №2 Моделирование системы привода в среде MatLab

Лабораторная работа №3. Создание модели и моделирование привода в нечетком базисе.

Лабораторная работа № 4. Создание и моделирование одномассовой мехатронной системы

Лабораторная работа № 5. Создание модели и моделирование нейрорегуляторов привода.

Лабораторная работа № 6. Изучение пакета Fuzzy Logic и создание моделей

Лабораторная работа № 7. Изучение пакета nnTool и создание моделей

Лабораторная работа № 8. Построение и исследование модели в Fuzzy Logic

Лабораторная работа № 9. Построение и исследование модели в nnTool

4.4 Самостоятельная работа студента

Виды и свойства систем. Классификации. Основные свойства систем.

Понятийный аппарат (определения). Структурный граф системы. Схема системного анализа. Математическое моделирование. Общие определения и принципы. Алгоритм использования метода математического моделирования на ЭВМ. Типы отношений исходной и моделирующей систем. Математическая и имитационная модели. Отношение подобия при получении имитационной модели.

Аналитическое решение для линейной системы. Моделирование детерминированных (неслучайных) сигналов. Явный метод. Метод комплексного представления. Импульсные сигналы, кодовые последовательности. Использование циклов (программные блоки). Методы моделирования случайных величин. Метод нелинейного преобразования. Метод Неймана (метод исключения). Частотные методы.

Моделирование систем, заданных передаточной функцией. Виды (формы) передаточной функции.

Использование передаточной функции для построения дифференциального уравнения, описывающего систему. Описание в виде системы дифференциальных уравнений. Модель в пространстве состояний в нормальной форме. Моделирование с использованием библиотечных функций Mathcad. Модель в пространстве состояний при передаточной функции, заданной в канонической форме. Модель в пространстве состояний при передаточной функции, заданной в форме простых множителей. Решение дифференциальных уравнений на ЭВМ. Моделирование в Matlab с использованием редактора решений дифференциальных уравнений (Differential Equation Editor – DEE). Использование представления

системы в виде схемы, полученной по дифференциальному уравнению для решения в Matlab. Использование библиотечных функций для решения дифференциальных уравнений. Моделирование систем на основе рекуррентных уравнений. Метод Эйлера – Коши. Метод Рунге – Кутты (4-го порядка). Методы дискретной аппроксимации. Метод отображения. Моделирование систем, описанных в пространстве состояний. Описание модели системы в пространстве состояний в дискретном представлении.

Моделирование систем с использованием методов искусственного интеллекта. Нечеткая логика в САУ. Нейронные сети. Типы сетей и особенности их применения. Структура нейрона, слои, функции активации.

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 №1.

• **Что такое генетический алгоритм?**

- a) Операции, при которой один или несколько генов в хромосоме случайным образом меняют свои значения;
- b) Операции, состоящие в обмене хромосом-родителей генами;
- c) Простая модель эволюции в природе;
- d) Все вышеперечисленное;

Правильный ответ: c.

• **Что такое скрещивание?**

- a) Операции, состоящие в обмене хромосом-родителей генами;
- b) Операции, при которой один или несколько генов в хромосоме случайным образом меняют свои значения;
- c) Простая модель эволюции в природе;
- d) Все вышеперечисленное;

Правильный ответ: a.

• **Что такое мутация?**

- a) Операции, состоящие в обмене хромосом-родителей генами;
- b) Операции, при которой один или несколько генов в хромосоме случайным образом меняют свои значения;
- c) Простая модель эволюции в природе;
- d) Все вышеперечисленное;

Правильный ответ: b.

• **Принцип работы генетического алгоритма?**

- a) В начале идёт выбор родительской пары;
- b) Обмен между генами в хромосоме;
- c) В начале идёт обмен между хромосом-родителей генами;
- d). В начале генерируется случайная популяция - несколько индивидуумов со случайным набором хромосом;

Правильный ответ: d.

• **Что такое селекция?**

- a) Операции, состоящие в обмене хромосом-родителей генами;
- b) Операции, при которой один или несколько генов в хромосоме случайным образом меняют свои значения;
- c) Простая модель эволюции в природе;
- d). операция, позволяющая улучшать генофонд популяции за счет отбрасывания особей, имеющих меньшее значение функции;

Правильный ответ: d.

6.2 Рейтинг-контроль №2.

• **Что такое нейронные сети?**

- a) Сети с обратными связями;
- b) Большой класс разнообразных систем, архитектура которых имитирует построение нервной ткани из нейронов;
- c) Сети с прямым распространением;
- d) Многослойные сети;

Правильный ответ: b.

• **Что входит в основу нейросети?**

- a) Однотипные элементы (ячейки);
- b) Группа синапсов;
- c) Аксоны;
- d) Синоптическая связь;

Правильный ответ: a.

• **Архитектура нейросети определяет?**

- a) Какие нейроны будут использоваться (число входов, активационные функции);
- b) Каким образом следует соединить их между собой (топология сети);
- c) Что взять в качестве входов и выходов сети;
- d) Все вышеперечисленное;

Правильный ответ: d.

• **Какие типы нейронных сетей с точки зрения архитектуры можно выделить?**

- a) Полносвязные ИНС;
- b) Слабосвязные ИНС;
- c) Многослойные ИНС;
- d) Все вышеперечисленное;

Правильный ответ: d.

• **Какие типы среди многослойных нейронных сетей можно выделить?**

- a) Монотонные;
- b) Сети без обратных связей;
- c) Сети с обратными связями (рекуррентные сети);
- d) Все вышеперечисленное;

Правильный ответ: d.

6.3 Рейтинг-контроль №3.

Выберите лишнее

К основным понятиям теории нечетких множеств относятся?»?

- a) Нечеткое число;
- b) Нечеткая переменная;
- c) Лингвистическое число;
- d) Лингвистическая переменная;

Правильный ответ: d.

Семантические правила М, определяют?

- a) Новые термины с использованием квантификаторов;
- b) Функции принадлежности новых значений, определенных в G;
- c) Соответствие между лингвистическим значением и нечетким множеством;
- d) Наименование лингвистической переменной;

Правильный ответ: b.

К операциям над нечёткими множествами относят?

- a) Геометрические операции над нечеткими множествами;
- b) Теоретико-множественные операции над нечеткими множествами;
- c) Арифметические операции над нечеткими числами;
- d) Логические операции;

Правильный ответ: a.

Отличием нечёткой арифметики от традиционной является?

- a) Отсутствие операции вычитания;
- b) Отсутствие операции сложения;
- c) Операции выполняются над нечёткими числами;
- d) Нет правильного ответа;

Правильный ответ: c.

Правила выполнения нечетких логических операций определяются с помощью?

- a) Логических правил;
- b) Принципа обобщения Заде;
- c) Арифметических правил;
- d) Ответы a, b, c;

Правильный ответ: b.

6.4 Промежуточная аттестация: зачет

Вопросы к зачету

1. Понятие модели и моделирования. Свойства модели. Классификация моделей (по форме представления).
2. Классификация математических моделей по свойствам обобщенного объекта моделирования.
3. Адекватность и эффективность математических моделей. Общая логика построения моделей. Технология математического моделирования.
4. Методы построения математических моделей. Аналитические модели, модели идентификации.
5. Построение модели идентификации с помощью регрессионного метода. Параметрическая и структурная идентификация (алгоритм не нужен).
6. Идентификация статических линейных систем с несколькими входами (определение, алгоритм).
7. Построение модели идентификации с помощью внутренних форм.
8. Достоверность и адекватность регрессионной модели. Критерий Фишера.
9. Построение моделей идентификации поисковыми методами (достоинства, недостатки, отличия от регрессионной модели; в лекции изложено полно, в учебнике - плохо).

10. Математическое моделирование сложных неоднородных систем. Математические модели элементов системы (типовые математические схемы).
11. Марковский случайный процесс. Классификация марковских случайных процессов (определение случайного процесса, марковского процесса).
12. Расчет марковской цепи с дискретным временем (алгоритм).
13. Марковские цепи с непрерывным временем. Уравнение Колмогорова.
14. Поток событий. Простейший поток и его свойства.
15. Пуассоновские потоки событий и непрерывные марковские цепи.
16. Предельные (финальные) вероятности состояний для непрерывной марковской цепи.
17. Задачи теории массового обслуживания. Классификация СМО и их основные характеристики.
18. Одноканальные СМО и их основные характеристики.
19. Многоканальные СМО с отказами.
20. Одноканальные СМО с ограниченным по длине очереди ожиданием. Определение вероятности отказа, абсолютной и относительной пропускной способности.
21. Одноканальные СМО с ограниченным по длине очереди ожиданием. Определение средней длины очереди, среднего числа заявок в очереди, среднего времени нахождения заявки в системе.
22. Многоканальные СМО с ограничением по длине очереди ожиданием (только схема, выводить не надо).
23. Многоканальные СМО с ограниченным временем ожидания заявки в очереди (схема).
24. Замкнутые СМО.
25. Сети СМО. Классификация, параметры, характеристики.
26. Понятие агрегата в моделировании систем.
27. Операторы переходов агрегата.
28. Операторы выходов агрегата (G' и G'').
29. Кусочно-линейные агрегаты. Процесс функционирования кусочно-линейного агрегата (определение, структура).
30. Сети Петри. Основные определения, способы представления, маркировки, правила выполнения переходов, правило составления сетей Петри (структура, 3 способа представления, определения).
31. Моделирование стохастических процессов. Методы статистических испытаний (сущности, достоинства, недостатки).
32. Способы организации единичного жребия (определение, 4 варианта, алгоритм, механизм случайного выбора).
33. Приемы построения и эксплуатации дискретных имитационных моделей.
34. Определение характеристик стационарного случайного процесса по 1 реализации.
35. Методы получения наблюдений в имитационном моделировании.
36. Имитационное моделирование на универсальных и специализированных языках.

Вопросы к самостоятельной работе

1. Сети Петри для моделирования. Основные свойства сетей Петри.
2. Задача анализа сетей Петри (типы задач).
3. Методы анализа сетей Петри (2 метода, приемы).
4. Обобщения сетей Петри (зачем нужны, применение).

5. Основные понятия теории нечетких множеств. Операции над нечеткими множествами.
6. Нечеткое отношение и способы его задания.
7. Понятие нечетких и лингвистических переменных. Числовые и нечисловые лингвистические переменные. Нечеткие числа.
8. Арифметические операции над нечеткими числами. Сравнение нечетких чисел.
9. Прямые методы построения функции принадлежности нечетких множеств.
10. Косвенные методы построения функции принадлежности нечетких множеств.
11. Нейронные сети в задачах автоматического управления.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Афонин В.В. Моделирование систем [Электронный ресурс]/ Афонин В.В., Федосин С.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 269 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15842.31181>.— ЭБС «IPRbooks по паролю»

2. 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. Стлетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. – 251с. ISBN 978-5-9984-0579-2 . (библиотека ВлГУ).

3. Моделирование систем. Подходы и методы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.Н. Волкова [и др.].— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2013.— 568 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43957>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

4. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: учебное пособие. - С.Пб., М., Краснодар: Лань, 2012,- 606с.: ил.+1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-5-8114-1166-5. (библиотека ВлГУ).

Дополнительная литература:

1. Джон Крейг. Введение в робототехнику. Механика и управление. М., Ижевск. АНО Ижевский институт компьютерных исследований». 2013, - 543с. - ISBN: 978-5-4344-0164-7.

2. Состав и характеристики мобильных роботов: учебное пособие по курсу «Управлением роботами и робототехническими комплексами. Машков К.Ю., Рубцов В.И., Рубцов И.В. – М. Издательство МГТУ им. Баумана, 2014 . – 175 с. – ISBN 978-5-7038-3866-2.

3. Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics): учебное пособие для высших учебных заведений / В.М. Мусалимов, Г.Б. Заморуев, И.И. Калапышина, А.Д. Перечесова, К.А. Нуждин. - СПб.: НИУ ИТМО, 2013. - 114 с.

4. Сырецкий Г.А. Моделирование систем. Часть 2. Интеллектуальные системы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сырецкий Г.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010.— 80 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45401>.— ЭБС «IPRbooks», по паролю


5. <http://model.exponenta.ru/>

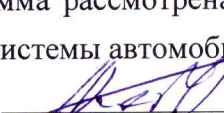
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Практические занятия:
 - a. ауд. 106-2: ПЭВМ – 10 шт
 - b. презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
 - c. пакеты ПО общего назначения (MS Office, MS Visio, MS PowerPoint, Matlab)
2. Лабораторные работы:
 - a. ауд. 106-2: ПЭВМ – 10 шт, стенд для выполнения моделирования с приводом постоянного тока
 - b. презентационная техника (проектор, экран, компьютер/ноутбук),
 - c. пакеты ПО общего назначения (MS Office, MS Visio, MS PowerPoint, Matlab)

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» Профиль подготовки **Проектирование и производство мехатронных и робототехнических системы транспортных средств.**

Рабочую программу составил:  д.т.н., профессор Веселов О.В.
кафедра МиЭСА

Рецензент (представитель работодателя):
ПАО "НИПТИЭМ",
начальник лаборатории испытания электроприводов  Родионов Р.В.


Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Мехатроника и электронные системы автомобилей», протокол № 12 от 27.06.18
Зав. кафедрой  Кобзев А.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 15.04.06. «Мехатроника и робототехника», протокол № 4 от 27.06.18

Председатель комиссии  Кобзев А.А.

Программа переутверждена:

на 19/20 учебный год, протокол № 1 от 01.07.19

Зав. кафедрой  В.Ф. Короткий

на _____ учебный год, протокол № _____ от _____

Зав. кафедрой _____

на _____ учебный год, протокол № _____ от _____

Зав. кафедрой _____