

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)



А.А.Панфилов

« 01 » 10

20 15г.

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**  
(наименование дисциплины)

Направление подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Профиль/программа подготовки «Имитационное моделирование»

Уровень высшего образования магистратура

Форма обучения очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед./ час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
1	5 / 180	36	-	36	72	КР, экз. (36 ч.)
Итого	5 / 180	36	-	36	72	КР, экз. (36 ч.)

Владимир 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Имитационное моделирование сложных систем» являются:

1. Получение теоретических знаний по имитационному моделированию
2. Приобретение практических навыков компьютерного имитационного моделирования при проектировании и исследовании различных систем и процессов.
3. Развитие навыков разработки и анализа имитационных моделей.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Имитационное моделирование сложных систем» относится к вариативной части ОПОП. Изучение дисциплины проходит в 1 семестре, так как она должна помочь магистранту определиться с планами дальнейшего обучения в магистратуре, а именно с тематикой научной работы и магистерской диссертации.

Для изучения дисциплины студенты должны обладать знаниями, умениями и навыками по алгоритмизации и программированию, владеть математическим аппаратом таких разделов математики как дифференциальное и интегральное исчисление, теория вероятностей и математическая статистика, вычислительная математика.

Освоение дисциплины необходимо для изучения следующих дисциплин и практик учебного плана: «Непрерывные математические модели», «Дискретные и вероятностные модели», «Математическое моделирование в нанотехнологиях», «Математическое моделирование в экономике», «Производственная практика», «Преддипломная практика», выполнение выпускной квалификационной работы.

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

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- способность критически относиться к результатам имитационного моделирования (ПК-3);
- способность применять знания из других областей математики, физики и техники при решении задач имитационного моделирования (ПК-4).
- знать: основные идеи, принципы и подходы имитационного моделирования (ПК-2), методологию построения имитационных моделей сложных систем (ПК-2), средства разработки имитационных моделей (ПК-3);
- уметь: формализовывать описание моделей сложных систем (ПК-3), анализировать результаты моделирования (ПК-2), применять модели и результаты моделирования на практике (ПК-3); использовать и применять знания в области прикладной математики и информатики при разработке имитационных моделей (ОПК-4).
- владеть: основами построения и анализа имитационных моделей, а так же методами их физической (программной) реализации (ПК-3).

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР		
1	Введение и основные задачи имитационного моделирования	1	1-2	4	-	-	-	8		0 / 0%	Рейтинг-контроль
2	Основные методы имитационного моделирования	1	3-6	8	-	6	-	16		6 / 43 %	
3	Имитационное моделирование сложных технических систем	1	7-12	12	-	18	-	24		18 / 60 %	Рейтинг-контроль
4	Имитационное моделирование экономических систем	1	13-15	6	-	6	-	12		6 / 50 %	Рейтинг-контроль
5	Имитационное моделирование биологических систем	1	16-18	6	-	6		12		6 / 50%	
Всего				36	-	36	-	72	КР	36 / 50%	Экзамен (36 ч.)

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При проведении лекционных занятий применяется классический подход преподнесения учебного материала, предполагающий проблемную постановку задач и переход к рассмотрению методов их решения. В ходе лекционных занятий лектор стимулирует студентов к формированию собственных суждений, задавая вопросы по текущему материалу или обращаясь к необходимым для его понимания знаниям, полученным в ходе предыдущего обучения.

При проведении курса широко используются активные и интерактивные формы проведения занятий, в том числе:

- компьютерная имитация моделей систем;
- разбор конкретных ситуаций ;
- коллективная работа;
- проектная форма выполнения заданий;
- дискуссии.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме, составляет до 80 процентов. Доля лекционных занятий от общего числа аудиторных занятий составляет до 50%.

Внеаудиторная работа направлена на поиск и анализ литературных источников по заданным темам курсовых работ, а так же выполнение курсовых работ.

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

**Вопросы к рейтинг-контролям:**

### Рейтинг-контроль №1

1. Понятие модели и моделирования. Объект, система и модель.
2. Определение понятия системы. Основные понятия системного анализа: цель, задача.
3. Понятие системного анализа: описание системы. Структура системы.

4. Понятие системного анализа: описание системы. Функционал системы.
5. Понятие системного анализа: морфологическое описание системы.
6. Классы моделей и их свойства.
7. Имитационное моделирование – основные этапы.
8. Концепция универсальной системы имитационного моделирования (УСИМ). Три принципа концепции УСИМ.
9. Концепция УСИМ. Концептуальная схема: элементы и их назначение. Этапы имитационного моделирования согласно концепции.
10. Датчики псевдослучайных чисел. ЛК-генераторы.

### **Рейтинг-контроль №2**

11. Датчики псевдослучайных чисел. Оценка качества генератора. Основные принципы.
12. Датчики псевдослучайных чисел. Оценка качества генератора. Проверка равномерности распределения чисел. Критерий Колмогорова-Смирнова, основные принципы спектрального теста.
13. Датчики псевдослучайных чисел. ЛК-генераторы. Выбор параметров.
14. Датчики псевдослучайных чисел. Построение датчика нормально-распределенных псевдослучайных чисел.
15. Датчики псевдослучайных чисел. Построение датчика экспоненциально-распределенных псевдослучайных чисел.
16. Системная динамика. Общая структура систем, граница системы, цепи обратной связи.
17. Системная динамика. Базовые принципы.
18. Системная динамика. Обзор программных средств имитационного моделирования на базе системной динамики; система имитационного моделирования Powersim Constructor; принципы построения моделей в Powersim.
19. Powersim Constructor. Использование массивов при составлении имитационных моделей. Модель потоков контингента в общеобразовательной школе.
20. Powersim Constructor. Переопределение потоков уровня при несоответствии размерностей присоединяемых темпов на примере модели производственного процесса.
21. Концепция объектно-ориентированной системы моделирования. Основные понятия.
22. Концепция объектно-ориентированной системы моделирования. Транзакты и узлы.

### **Рейтинг-контроль №3**

23. Построение линейной многофакторной модели. Этапы построения.
24. Построение линейной многофакторной модели. Оценка функции регрессии.
25. Построение линейной многофакторной модели. Отбор главных факторов. Основные понятия, этапы процедуры отбора.
26. Построение линейной многофакторной модели. Отбор главных факторов. Анализ факторов на мультиколлинеарность, анализ тесноты взаимосвязи факторов с зависимой переменной.
27. Построение линейной многофакторной модели. Отбор главных факторов. Анализ степени влияния факторов на зависимую переменную; проверка коэффициентов на статистическую значимость; исследование целесообразности исключения факторов из модели.
28. Построение линейной многофакторной модели. Проверка адекватности модели.
29. Прогнозирование показателей системы. Основные понятия и методы прогнозирования.
30. Прогнозирование с помощью методов экстраполяции. Адекватность модели.
31. Прогнозирование с помощью методов экстраполяции. Оценка точности модели.
32. Прогнозирование с помощью методов экстраполяции. Модель Хольта-Уинтерса.

В течение преподавания учебной дисциплины в качестве форм текущей аттестации студентов используются такие формы как:

- выполнение курсовой или контрольной работы,
- контрольные задания,
- экзамен.

### **Примеры тем курсовых работ:**

1. Имитационное моделирование автономного инвертора напряжения с пространственно-векторным законом формирования ШИМ.

2. Имитационное моделирование изолированного двухтактного DC/DC преобразователя по полумостовой, мостовой и PUSH-PULL топологиям.
3. Имитационное моделирование DC/DC преобразователя по топологиям STEP-DOWN и BOOSTER.
4. Имитационное моделирование трехфазного мостового управляемого выпрямителя на тиристорах с системой управления.
5. Имитационное моделирование двухфазного мостового управляемого выпрямителя на тиристорах с системой управления.
6. Имитационное моделирование трехпульсного тиристорного выпрямителя с системой управления.
7. Имитационное моделирование системы импульсно-фазового управления вертикального типа для трехфазного мостового выпрямителя.
8. Имитационное моделирование системы импульсно-фазового управления горизонтального типа для трехфазного мостового выпрямителя.
9. Имитационное моделирование асинхронного двигателя в системе координат, ориентированной по основному магнитному потоку.
10. Имитационное моделирование электропривода переменного тока со скалярными алгоритмами управления.
11. Имитационное моделирование электропривода переменного тока с трансвекторным управлением.
12. Имитационное моделирование электропривода переменного тока по алгоритму DTC.
13. Имитационное моделирование плавного пуска асинхронной машины по току и по времени.
14. Имитационное моделирование электропривода постоянного тока с заданной механической характеристикой.
15. Имитационное моделирование механической системы непрерывного прокатного стана с 3 клетями.
16. Имитационное моделирование механической системы линейного прокатного стана с 5 клетями.
17. Имитационное моделирование механической подсистемы электропривода на основе уравнений Лагранжа.
18. Имитационное моделирование эффекта разнотолщинности проката в одной клетке.
19. Имитационное моделирование обратного маятника.
20. Имитационное моделирование системы кровообращения человека.
21. Имитационное моделирование

#### **Примеры вопросов к экзамену.**

1. Понятие модели и её свойства.
2. Классификация моделей.
3. Свойства моделей: точность и адекватность.
4. Математические методы проверки адекватности модели.
5. Имитационное моделирование. Основные задачи и методы.
6. Свойства моделей. Эволюция. Привести пример.
7. Качественные и количественные показатели эффективности модели.
8. Математические, феноменологические и физические модели.
9. Имитационное моделирование и имитационные модели.
10. Статистические методы в имитационном моделировании.
11. Имитационное моделирование случайных процессов. Типовые алгоритмы.
12. Имитационное моделирование случайных процессов. Проверка на случайность.
13. Метод наименьших квадратов. Рассмотреть отдельно линейную аппроксимацию.
14. Способы преобразования нелинейной модели в линейную.

15. Способы преобразования непрерывной модели в дискретную.
16. Проблема неопределенности состояния в дискретных моделях. Способы её разрешения.
17. Явный и неявный методы Эйлера.
18. Многошаговые методы. Методы Рунги-Кутты.
19. Имитационное моделирование в технических системах. Метод структурных схем.
20. Имитационное моделирование в технических системах. Модели полупроводниковых ключей.
21. Имитационное моделирование в технических системах. Модели линейных стабилизаторов.
22. Имитационное моделирование в технических системах. Модели двигателя постоянного тока независимого, последовательного и параллельного возбуждения.
23. Имитационное моделирование в технических системах. Модель синхронного двигателя независимого возбуждения.
24. Имитационное моделирование обменных процессов. Конкуренция.
25. Имитационное моделирование обменных процессов. Дефицит.
26. Имитационное моделирование обменных процессов. Себестоимость.
27. Имитационное моделирование в биологических системах. Модель хищник-жертва.
28. Имитационное моделирование в социологии. Основные подходы и типовые модели прогноза мировой динамики.
29. Имитационное моделирование в социологии. Модель Форестера

**Самостоятельная работа** студентов включает в себя:

1. Подготовку курсовых работ (подбор источников по заданной теме, их анализ, написание текста, подготовку, программная реализация). Контроль осуществляется на занятиях.
2. Разработку программного приложения, реализующего имитационное моделирование технических, биологических и экономических систем по заданию. Контроль осуществляется на занятии. Студент показывает программу преподавателю. Преподаватель тестирует её работу, слушает пояснения студента.
3. Работу с дополнительной литературой по вопросам, связанным с материалом лекционных занятий. Контроль осуществляется на экзамене. Студент должен продемонстрировать освоенные самостоятельно знания во время ответов на экзаменационные вопросы.

Распределение видов самостоятельной работы по разделам курса.

- Раздел 1. Работа с дополнительной литературой (8 ч.)
- Раздел 2. Работа с дополнительной литературой и подготовка курсовой работы (16 ч.).
- Раздел 3. Работа с дополнительной литературой и подготовка курсовой работы (16 ч.).
- Раздел 4. Работа с дополнительной литературой и подготовка курсовой работы (16 ч.).
- Раздел 5. Работа с дополнительной литературой и подготовка курсовой работы (16 ч.).

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

**а) основная литература\*:**

- 1 Андреев, Виктор Константинович. Математические модели механики сплошных сред : учебное пособие для вузов / В. К. Андреев; Сибирский федеральный университет; Российская академия наук, Сибирское отделение, Институт вычислительного моделирования – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 231 с.: Библиогр.: с. 229 – ISBN 978-5-8114-1998-2
2. Петров, Александр Васильевич. Моделирование процессов и систем : учебное пособие для вузов / А. В. Петров— Санкт-Петербург :Лань, 2015 .— 287 с. : ил. — Библиогр.: с. 284-285 .— ISBN 978-5-8114-1886-2.

3. Герман-Галкин, Сергей Германович. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink : учебник /С.Г. Герман-Галкин – Спб.: Лань, 2013 – 442 с. : ил., ISBN 978-5-211-06428-7
  4. Орлова, Ирина Владленовна. Экономико-математическое моделирование: практическое пособие по решению задач / И.В. Орлова. – 2-е. изд., испр. И доп. – М.: Вузовский учебник: Инфра-М., 2014 – 139 с.: ил., табл – Библиогр.: с. 137- ISBN 978-5-9558-0107-0
- б) дополнительная литература\*:**
1. Лиходеев, Сергей Иванович. Математическое моделирование объектов и систем управления: методические указания к лабораторным работам /С.И. Лиходеев; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2012. – 67 с.
  2. Пашенко, Федор Федорович. Основы моделирования энергетических объектов /Ф.Ф. Пашенко, Г.А. Пикина – М.ЖФизматлит, 2012 -463с.:ил.,табл. – Библиогр. В конце гл. – ISBN 978-5-9221-1367-0
  3. Поршев, Сергей Владимирович. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете Matlab: учебное пособие / С.В. Поршев.- Изд. 2-е, испр. – М.: Лань, 2011 – 726 с.: ил. – ISBN 978-5-8114-1063-7
  4. Духанов, Алексей Валентинович. Имитационное моделирование сложных систем [Электронный ресурс] : курс лекций / А. В. Духанов, О. Н. Медведева ; Владимирский государственный университет (ВлГУ) .— Электронные текстовые данные (1 файл : 780 Кб) .— Владимир : Владимирский государственный университет (ВлГУ), 2010 .— 107 с. : ил., табл. — Заглавие с титула экрана .— Электронная версия печатной публикации .— Библиогр.: с. 106 .— Свободный доступ .— Adobe Acrobat Reader 4.0 .— ISBN 978-5-9984-0037-7 .— <URL:<http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/1855/3/00738.pdf>>
  5. Орлова, Ирина Владленовна. Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: учебное пособие для вузов по экономическим направлениям /И.В. Орлова, В.А. Половников; Финансовый университет при Правительстве РФ. – 3-е издание, перераб. и доп. -Москва:Вузовский учебник: Инфра-М, 2014. – 338 с.: илл., табл. – Библиогр.: с. 384-385. – ISBN 978-5-9558-0208-4 –ISBN 978-5-16-004897-0 (Инфра-М).

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для представления лекционного материала и курсовых работ студентов используется проекционное оборудование.

Для проверки реализации работ используется компьютер со средами разработки MS Visual Studio, Eclipse, Matlab.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика.

Рабочую программу составил доцент кафедры ФиПМ В.И.Коняшин  
(ФИО, подпись)

Рецензент  
(представитель работодателя) ген. директор ООО "РС Сервис ЛП Квинов Д.С.  
(место работы, должность, ФИО, подпись)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФиПМ  
Протокол № 1А от 01.10.15 года  
Заведующий кафедрой С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 01.04.02  
Протокол № 1А от 01.10.15 года  
Председатель комиссии С.М. Аракелян  
(ФИО, подпись)

### ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 2016-2017 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.16 года  
Заведующий кафедрой Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на 2017-2018 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 30.08.17 года  
Заведующий кафедрой Аракелян С.М.

Рабочая программа одобрена на 2018-2019 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 03.08.18 года  
Заведующий кафедрой С.М. Аракелян