

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета



Л. Р. Фриконова

(Фамилия, инициалы)

июне 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.1.27 Математическое моделирование

Направление подготовки 01.03.04 — «Прикладная математика»

Профиль подготовки «Математическое моделирование в экономике и технике»

Квалификация (степень) выпускника – *бакалавр*

Форма обучения очная

Пенза, 2015

1. Цели и задачи дисциплины:

Целями освоения дисциплины *Математическое моделирование* является участие в формировании следующих компетенций:

- получение понятия об основных классических типах моделей;
- приобретение навыков построения и исследования математических моделей;
- приобретение навыков численной реализации и анализа результатов для моделей различного типа (дискретных и непрерывных, детерминированных и стохастических, статических и динамических).

2. Место дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина «Математическое моделирование» относится к базовой части профессионального блока дисциплин Б1.1.27.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях студентами следующих курсов: математический анализ; физика; теория функций комплексного переменного; дифференциальные уравнения; уравнения математической физики; нелинейные уравнения математической физики; элементы прикладного функционального анализа; численные методы; иностранный язык; программирование для ЭВМ; операционные системы и сети ЭВМ.

Дисциплина служит основой для дальнейшего изучения таких дисциплин, как вычислительная математика, математические модели экономики; граничные интегральные уравнения.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению:

Коды компетенции	Наименование компетенции	Структурные элементы компетенции (в результате освоения дисциплины обучающийся должен знать, уметь, владеть)
1	2	3
ОПК-1	Готовность к самостоятельной работе	Знать: классификацию математических моделей (по учету неизвестных факторов, по числу критериев эффективности и т.д.) Уметь: формулировать постановку математической модели Владеть: основными методами теории

ОПК-2	способен использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования	<p>Знать: этапы построения математических моделей</p> <p>Уметь: применять полученные знания при построении</p> <p>Владеть: Основными методами теории</p>
ПК-10	способен применять математический аппарат для решения поставленных задач, способность применить соответствующую процессу математическую модель и проверить её адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов	<p>Знать: основные методы исследования математических моделей</p> <p>Уметь: пользоваться современным программным обеспечением — пакетами Maple, MATLAB и Mathcad</p> <p>Владеть: навыками формализации прикладных задач</p>

4. Структура и содержание дисциплины Математическое моделирование

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Наименование разделов и тем дисциплины (модуля)	Семестр	Недели семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)								Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)							
				Аудиторная работа				Самостоятельная работа				Собеседование	Коллоквиум	Проверка тестов	Проверка контрольн. работ	Проверка рефератов	Проверка эссе и иных творческих работ	курсовая работа (проект)	Собеседование по лабораторным работам
				Всего	Лекция	Практические занятия	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к аудиторным занятиям	Реферат, эссе и др.	Курсовая работа (проект)								
1.	Раздел 1. Основные понятия и принципы математического моделирования	6	1-3	10	4	4	2	4	2	2							9	4	
1.1.	Тема 1.1. Математика и математическое моделирование.	6	1		2	2			1	1							9	4	

1.2.	Тема 1.2. Прямые и обратные задачи математического моделирования.	6	2				2			1								9	4
1.3.	Тема 1.3. Универсальность математических моделей. Принцип аналогий. Иерархия моделей.	6	3		2	2			1									9	4
2.	Раздел 2. Некоторые классические модели математической физики	6	4-6	8	2	2	4	5	3	2								9	6
2.1.	Тема 2.1. Задача с данными на характеристиках (задача Гурса). Общая задача Коши. Функция Римана. Физический смысл функции Римана. Уравнения с постоянными коэффициентами.	6	4				2		1									9	6
2.2	Тема 2.2. Задача о промерзании (задача о фазовом переходе, задача Стефана). Метод подобия. Динамика сорбции газа. Простейшие задачи для уравнения Шредингера.	6	5		2	2			1	1								9	8
2.3.	Тема 2.3. Уравнение Шредингера. Гармонический осциллятор. Ротатор. Движение электрона в кулоновском поле. Свойство полиномов Эрмита.	6	6				2		1	1								9	8
3.	Раздел 3. Математическое моделирование нелинейных объектов и процессов	6	7	4	2	2		4	2	2								9	8
3.1	Тема 3.1. Математические модели процессов нелинейной теплопроводности и горения. Краевые задачи для	6			2	2			2	2								9	8

	квазилинейного уравнения теплопроводности. Решения с обострениями. Решение задачи Коши. Схема построения быстроубывающих решений задачи Коши.																			
4.	Раздел 4. Методы исследования математических моделей	6	8-12	14	4	4	6	7	4	3								9	12	
4.1.	Тема 4.1. Вариационные методы решения краевых задач и определения собственных значений. Принцип Дирихле. Задача о собственных значениях. Некоторые алгоритмы проекционного метода.	6	8				2		1											12
4.2.	Тема 4.2. Общая схема алгоритмов. Метод Рунге. Метод Галёркина. Обобщенный метод моментов. Метод наименьших квадратов. Метод конечных разностей.	6	9		2	2				1									10	12
4.3.	Тема 4.3. Основные понятия. Разностная задача для уравнения теплопроводности на отрезке. Метод прогонки.	6	10				2		1										10	12
4.4	Тема 4.4. Экономичные разностные схемы. Схема переменных направлений. Консервативные однородные разностные схемы. Интегро-интерполяционный метод (ИИМ) – метод баланса. Метод конечных элементов (МКЭ) – проекционно-сеточный метод.	6	11		2	2			1	1									10	12

4.5.	Тема 4.5. Асимптотические методы. Метод малого параметра. Регулярные возмущения. Сингулярные возмущения. Метод ВКБ (Венцеля, Крамерса, Бриллюэна). Метод усреднения Крылова-Боголюбова.	6	12				2		1	1								10	14
5	Раздел 5. Интегральные уравнения	6	13-15	10	4	4	2	4	2	2								16	15
5.1.	Тема 5.1. Типы уравнений. Метод последовательных приближений. Повторные ядра. Резольвента.	6	13		2	2			2	1								16	15
5.2.	Тема 5.3. Интегральные уравнения Вольтерра. Связь с дифференциальными уравнениями.	6	14				2			1								16	15
5.3.	Тема 5.4. Интегральные уравнения с вырожденным ядром. Теоремы Фредгольма. Методы численного решения интегральных уравнений.	6	15		2	2												16	15
6	Раздел 6. Некоторые новые методы и объекты математического моделирования	6	16-18	8	2	2	4	5	2	3								18	18
6.1.	Тема 6.1. Фракталы и фрактальные структуры. Фракталы в математике. Размерность самоподобия. Фракталы в природе.	6	16				2			1									18
6.2.	Тема 6.2. Моделирование дендритов. Самоорганизация и образование	6	17		2	2				1								18	18

	структур. Синергетика.																			
6.3	Тема 6.3. Диссипативные структуры. Модель брюсселятора.	6	18				2		2	1										18
	<i>Курсовая работа (проект)</i>	20																		
	<i>Подготовка к зачету</i>												5							
														Промежуточная аттестация						
														Форма			Семестр 6			
														Зачет			5			

4.2 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Основные понятия и принципы математического моделирования	Математика и математическое моделирование. Прямые и обратные задачи математического моделирования. Универсальность математических моделей. Принцип аналогий. Иерархия моделей.
2.	Некоторые классические модели математической физики	Задача с данными на характеристиках (задача Гурса). Общая задача Коши. Функция Римана. Физический смысл функции Римана. Уравнения с постоянными коэффициентами. Задача о промерзании (задача о фазовом переходе, задача Стефана). Метод подобия. Динамика сорбции газа. Простейшие задачи для уравнения Шредингера. Уравнение Шредингера. Гармонический осциллятор. Ротатор. Движение электрона в кулоновском поле. Свойство полиномов Эрмита.
3.	Математическое моделирование нелинейных объектов и процессов	Математические модели процессов нелинейной теплопроводности и горения. Краевые задачи для квазилинейного уравнения теплопроводности. Решения с обострениями. Математические модели теории нелинейных волн. Метод характеристик. Обобщенное решение. Условие на разрыве. Уравнение Кортевега-де Фриза и законы сохранения. Схема метода обратной задачи. Прямая и обратная задачи рассеяния. Решение задачи Коши. Схема построения быстроубывающих решений задачи Коши.
4.	Методы исследования математических моделей	Вариационные методы решения краевых задач и определения собственных значений. Принцип Дирихле. Задача о собственных значениях. Некоторые алгоритмы проекционного метода. Общая схема алгоритмов. Метод Рунге. Метод Галёркина. Обобщенный метод моментов. Метод наименьших квадратов. Метод конечных разностей. Основные понятия. Разностная задача для уравнения теплопроводности на отрезке. Метод прогонки. Экономичные разностные схемы. Схема переменных направлений. Консервативные однородные разностные схемы. Интегроинтерполяционный метод (ИИМ) – метод баланса. Метод конечных элементов (МКЭ) – проекционно-сеточный метод. Асимптотические методы. Метод малого параметра. Регулярные возмущения. Сингулярные возмущения. Метод ВКБ (Венцеля, Крамерса, Бриллюэна). Метод усреднения Крылова-Боголюбова.
5.	Интегральные уравнения	Типы уравнений. Метод последовательных приближений. Повторные ядра. Резольвента. Интегральные уравнения Вольтерра. Связь с дифференциальными уравнениями. Интегральные уравнения с вырожденным ядром. Теоремы Фредгольма. Методы численного решения интегральных уравнений.
6.	Некоторые новые методы и объекты математического	Фракталы и фрактальные структуры. Фракталы в математике. Размерность самоподобия. Фракталы в природе. Моделирование дендритов. Самоорганизация и образование структур. Синергети-

моделирования	ка. Диссипативные структуры. Модель брюсселятора.
---------------	---

5. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины предполагается использовать структурно-логические и интеграционные образовательные технологии, реализуемые посредством:

- лекций в виде вводных, текущих, обзорных и заключительно-обобщающих занятий;
- организации самостоятельной работы на основе личностно-дифференцированного подхода планирования задания в виде воспроизводящей и частично-поисковой работ.
- организации текущего контроля знаний студентов методами: выполнения домашних заданий, оценки активности на практических занятиях и рейтинговой системы общей оценки знаний студентов.

Занятия, проводимые в интерактивных формах, с использованием интерактивных технологий составляют 30% занятий.

В целях реализации индивидуального подхода к обучению студентов, осуществляющих учебный процесс по собственной траектории в рамках индивидуального рабочего плана, изучение данной дисциплины базируется на следующих возможностях: обеспечение внеаудиторной работы со студентами в том числе в электронной образовательной среде с использованием соответствующего программного оборудования, дистанционных форм обучения, возможностей интернет-ресурсов, индивидуальных консультаций и т.д.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ с нед	Тема	Вид самостоятельной работы (должен соответствовать указанному в таблице 4.1)	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов (должно соответствовать указан-

					ному в таб- лице 4.1)
1-3	Раздел 1. Основные понятия и принципы математического моделирования	Подготовка к аудиторным занятиям	Математическое моделирование, Козин Р.Г., Примеры решения задач	Яглом И.М. Математические структуры и математическое моделирование.	10
4-6	Раздел 2. Некоторые классические модели математической физики	Защита лабораторных работ	Математическое моделирование, Козин Р.Г., Примеры решения задач	Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. Учебник для вузов. 2004г.	10
7	Раздел 3. Математическое моделирование нелинейных объектов и процессов	Защита лабораторных работ	Математическое моделирование, Козин Р.Г., Примеры решения задач Егоренков и др. Основы математического моделирования. Анализ и построение моделей с примерами на языке MATLAB.	Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. Васильков, Василькова. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании.	7
8-12	Раздел 4. Методы исследования математических моделей	Подготовка к аудиторным занятиям. Защита лабораторных работ	Математическое моделирование, Козин Р.Г., Примеры решения задач В.В. Васильев, Л.А. Симак, А.М. Рыбникова. Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие для студентов и аспиран-	Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. Учебник для вузов. 2004г. Математическое моделирование в технике, Зарубин В.С. 2005г. Гулд, Тобочник. Компьютерное моделирование в физике. В двух томах.	10

			тов. 2008 год.		
13-15	Раздел 5. Интегральные уравнения	Подготовка к аудиторным занятиям.	Математическое моделирование, Козин Р.Г., Примеры решения задач	Рудяк В.Я. Математические модели природных явлений и технологических процессов. В 2 ч. Ч. I. 2004г.	10
16-18	Раздел 6. Некоторые новые методы и объекты математического моделирования	Подготовка к аудиторным занятиям	Раздаточный материал	Математическое моделирование, Козин Р.Г. 2008г.	10
1-18	Всетема	Повторение всего материала		1.1.-1.5	

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

- **Подготовка к аудиторным занятиям** проводится посредством изучения курса лекций, дополнительной литературы, а также решения предложенных задач.
- **Подготовка лабораторных работ** осуществляется с использованием дополнительной литературы.
- **Подготовка к зачету** – изучение курса лекций, упражнения в решении типовых задач, изучение дополнительной литературы.

6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

Контроль освоения компетенций

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Собеседование по лабораторным работам	Разделы 1,2,3,4,5,6.	ОПК-1, ОПК-2, ПК-10
2	Курсовое проектирование	Разделы 1,2,3,4,5,6.	ОПК-1, ОПК-2, ПК-10

Лабораторный практикум

1. Моделирование столкновения шаров.

2. Моделирование простейшего логистического отображения.
3. Численное исследование двухсекторной макроэкономической модели.
4. Изучение средств моделирования MatLab SimuLink.
5. Применение метода Рунге к нахождению экстремалей функционалов.
6. Применение алгоритмов регуляризации к решению некорректных задач

Тематика практических занятий

1. Задача Гурса.
2. Решение краевых задач.
3. Применение проекционных методов к исследованию математических моделей.
4. Интегральные преобразования Лапласа и Фурье.
5. Применение МПП к линейным уравнениям, метода Ньютона-Канторовича к нелинейным.
5. Решение уравнения Эйлера

Темы курсовых работ

1. Вариационные методы решения краевых задач и определения собственных значений.
2. Принцип Дирихле.
3. Задача о собственных значениях.
4. Некоторые алгоритмы проекционного метода. Общая схема алгоритмов. Метод Рунге.
5. Метод Галёркина.
6. Обобщенный метод моментов.
7. Метод наименьших квадратов. Метод конечных разностей. Основные понятия.
8. Разностная задача для уравнения теплопроводности на отрезке.
9. Метод прогонки. Экономичные разностные схемы. Схема переменных направлений.
10. Консервативные однородные разностные схемы.
11. Интегро-интерполяционный метод (ИИМ) – метод баланса.
12. Метод конечных элементов (МКЭ) – проекционно-сеточный метод.
13. Асимптотические методы.
14. Метод малого параметра. Регулярные возмущения.
15. Сингулярные возмущения.
16. Метод ВКБ (Венцеля, Крамерса, Бриллюэна).
17. Метод усреднения Крылова-Боголюбова.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

1. Основная литература.

1. 1. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании [Текст] : учеб. пособие / Юрий Викторович Васильков, Наталья Николаевна Василькова. - М. : Финансы и статистика, 2004. - 256 с. : ил. - 681.3(075) аб(каф."ИВС")-1. - ISBN 5-279-02098-2 : http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=1102

1.2.Ибрагимов, Н.Х. Практический курс дифференциальных уравнений и математического моделирования. Классические и новые методы. Нелинейные математические модели. Симметрия и принципы инвариантности [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2012. — 332 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5268>

1.3.Ганичева, А.В. Математические модели и методы оценки событий, ситуаций и процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 188 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91891>

1.4.Математические модели природы и общества [Электронный ресурс] : монография / Н.Н. Калиткин [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 360 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59384>

1.5.Самарский, А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры [Электронный ресурс] : монография / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 320 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59285>

2. Дополнительная литература

2.1. Горлач, Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 292 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74673>

2.2. Математические модели природы и общества [Электронный ресурс] : монография / Н.Н. Калиткин [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2005. — 360 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59384>

2.3. Поршневу, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB. + CD [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2011. — 736 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/650>

2.4. Подколзин, А.С. Компьютерное моделирование логических процессов. Архитектура и языки решателя задач [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2008. — 1024 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2277>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Занятия по дисциплине «Математическое моделирование» проводятся в лекционных и компьютерных аудиториях университета.

Waterloo Maple Inc. Maple. Maple 2017: Universities or Equivalent Degree Granting Institutions , *Бессрочный договор № 047-17-44 от 25 декабря 2017 г.*

ПО «Microsoft Windows» (подписка DreamSpark/Microsoft Imagine Standard); регистрационный номер 00037FFEBA CF8FD7,

включает в себя:

Microsoft Windows XP, Microsoft Windows 7, Microsoft Windows 8, Microsoft Windows 8.1, Microsoft Windows 10, Microsoft Windows Server 2008, Microsoft Windows Server 2010, Microsoft Windows Server 2012

Microsoft Office Visio 2003, Microsoft Office Visio 2007, Microsoft Office Visio 2010, Microsoft Office Access 2013, Microsoft Office Access 2016

Microsoft Office Access 2003, Microsoft Office Access 2007, Microsoft Office Access 2010, Microsoft Office Access 2012, Microsoft Office Access 2013, Microsoft Office Access 2016

Microsoft Visual Studio 2005, Microsoft Visual Studio 2008, Microsoft Visual Studio 2010, Microsoft Visual Studio 2012, Microsoft Visual Studio 2013, Microsoft Visual Studio 2016

Договор № СД-130712001 от 12.07.2013 (подписка с 1 сентября 2013 г. до 31 августа 2017 г.)

Продление Microsoft Imagine Standard KDF-00031 (подписка с 1 сентября 2017 г. до 31 августа 2020 г.)

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 — «Прикладная математика».

Программу составили:

Тында А. Н., доцент кафедры «ВпПМ»



(Ф.И.О., должность, подпись)

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.

Программа одобрена на заседании кафедры «Высшая и прикладная математика»

Протокол № 7.1

от «29» 05 2015 года

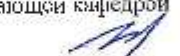
Зан. кафедрой «ВпПМ»



И. В. Бойков

(подпись, Ф.И.О.)

Программа согласована с заведующим выпускающей кафедрой
«Высшая и прикладная математика»



И. В. Бойков

(подпись, Ф.И.О., дата)

(название кафедры)

Программа одобрена методической комиссией факультета вычислительной техники

Протокол № 6

от «15» июня 2015 года

Председатель методической комиссии
факультета вычислительной техники



Н. Н. Конов

(подпись)

(Ф.И.О.)

Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год и регистрации изменений

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафедрой)	Внесенные изменения	Номера листов (страниц)		
			заменен- ных	новых	аннулиро- ванных
2016 - 2017	л1 от 19.09.16 Куз	Список литературы			
2017 - 2018	л1 от 04.09.17 Куз	Список литературы			
2018 - 2019	л1 от 03.09.18 Куз	Список литературы			