


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета



 /Фионова Л.Р./

« 17 » апреля 2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.2.25.1 Математическое и компьютерное моделирование

Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки Системное программирование и компьютерные технологии

Квалификация (степень) выпускника Бакалавр

Форма обучения очная

Пенза, 2015

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины "Математическое и компьютерное моделирование" является формирование и развитие у будущих бакалавров прикладной математики и информатики общекультурных и профессиональных компетенций, формирование системы знаний, умений и навыков базовых методов математического и компьютерного моделирования.

**Задачи изучаемой дисциплины.** Исходя из общих целей подготовки бакалавра прикладной математики и информатики по профилю "Системное программирование и компьютерные технологии":

- развитие способности понимать и применять в исследовательской и прикладной деятельности современный математический аппарат;
- развитие способности формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций;
- развитие способности решать задачи производственной и технологической деятельности на профессиональном уровне, включая: разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования.

Исходя из специфики конкретной дисциплины:

- изучение математических основ моделирования объектов и процессов с распределенными параметрами;
- изучение теоретических основ имитационного моделирования дискретно-событийных систем;
- изучение теоретических основ и получение практических навыков моделирования и обработки результатов;
- получение практических навыков моделирования и работы в одном из современных пакетов компьютерного моделирования.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП БАКАЛАВРИАТА

Дисциплина "Математическое и компьютерное моделирование" относится к вариативной части блока дисциплин.

Для освоения дисциплины "Математическое и компьютерное моделирование" обучающиеся используют знания, умения и навыки, сформированные в ходе изучения дисциплин базовой части блока дисциплин: "Алгоритмы и алгоритмические языки", "Языки и методы программирования", "Численные методы" и дисциплины вариативной части блока дисциплин "Методы оптимизации".

Освоение данной дисциплины является также основой для последующего прохождения производственной и учебной практик, подготовки к итоговой государственной аттестации.

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ "МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ"

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование 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)
О П К-1	способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	Знать: математические основы построения моделирующих алгоритмов.
		Уметь: использовать математическое и компьютерное моделирование.
		Владеть: основными методами компьютерного моделирования.
ОПК-3	способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	Знать: основные методы разработки алгоритмических и программных решений в области математических и имитационных моделей.
		Уметь: разрабатывать алгоритмические и программные решения в области математических и имитационных моделей.
		Владеть: владеть основами программирования в одном из современных математических пакетов
О П К-4	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности.	Знать: средства математического и имитационного моделирования.
		Уметь: выбирать средства математического и имитационного моделирования.
		Владеть: средствами математического и имитационного моделирования.
ПК-7	способность к разработке и применению алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программного обеспечения	Знать: основные алгоритмические и программные решения для математического и имитационного моделирования.
		Уметь: разрабатывать и применять алгоритмические и программные решения математического и имитационного моделирования.

		Владеть: навыками применения алгоритмических и программных решений математического и имитационного моделирования.
--	--	---

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ "МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ"

### 4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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					Опрос на лабораторных занятиях	Проверка отчетов о выполнении лабораторных работ	Проверка индивидуальных домашних заданий	Контрольные работы
				Всего	Лекции	Лабораторные занятия	Всего	Подготовка к лекциям	Выполнение индивидуальных домашних заданий	Подготовка к лабораторным работам	Подготовка к контрольным работам				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17
<b>1</b>	<b>РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</b>	<b>8</b>	<b>1–2</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>6</b>		<b>8</b>					
1.1	Тема 1.1. Понятие модели	8	1	2	2		2	2							
1.2	Лабораторная работа 1. Конечно-разностный метод с использованием метода прогонки решения одномерных краевых задач	8	1	2		2	2			2		1			
1.3	Лабораторная работа 1. Конечно-разностный метод с использованием метода прогонки решения одномерных краевых задач	8	1	2		2	2			2		1	1		
1.4	Тема 1.2. Классификация моделей	8	1	2	2		2	2							
1.5	Тема 1.3. Построение математической модели	8	2	2	2		2	2							
1.6	Лабораторная работа 2. Решение уравнений эллиптического типа методом конечных разностей	8	2	2		2	2			2		2	2		
1.7	Лабораторная работа 2. Решение уравнений эллиптического типа методом конечных разностей	8	2	2		2	2			2		2	2		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17
2	<b>РАЗДЕЛ 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ, ОПИСЫВАЕМЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ</b>	8	3–7	36	16	20	49	16	10	20	3				
2.1	Тема 2.1. Конечно-разностная аппроксимация одномерных задач	8	3	2	2		2	2							
2.2	Лабораторная работа 3. Решение уравнений параболического типа методом конечных разностей	8	3	2		2	4		2	2		3	3		
2.3	Лабораторная работа 3. Решение уравнений параболического типа методом конечных разностей	8	3	2		2	2			2		3	3	3	
2.4	Тема 2.2. Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений эллиптического типа	8	3	2	2		2	2							
2.5	Тема 2.3. Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений параболического и гиперболического типов	8	4	2	2		2	2							
2.6	Лабораторная работа 4. Освоение среды Partial Differential Equations (PDE) Toolbox системы MATLAB.	8	4	2		2	4		2	2		4	4	4	
2.7	Лабораторная работа 5. Решение дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов с использованием Partial Differential Equations (PDE) Toolbox системы MATLAB	8	4	2		2	2			2		4	4	4	
2.8	Тема 2.4. Проекционные методы	8	5	2	2		2	2							
2.9	Лабораторная работа 6. Освоение интегрированной среды GPSSW	8	5	2		2	7		2	2	3	5	5	5	5
2.10	Лабораторная работа 7. Типы операторов языка GPSS. Внесение транзактов в модель. Удаление транзактов из модели	8	5	2		2	2			2		5	5	5	
2.11	Тема 2.5. Основы метода конечных элементов	8	5	2	2		2	2							
2.12	Тема 2.6. Базисные функции и метод конечных элементов	8	6	2	2		2	2							
2.13	Лабораторная работа 8. Модели обслуживающих устройств и очередей. Моделирование системы с одним обслуживающим прибором	8	6	2		2	4		2	2		6	6	6	
2.14	Лабораторная работа 9. Моделирование многоканальных устройств	8	6	2		2	2			2		6	6	6	
2.15	Тема 2.7. Примеры применения метода конечных элементов	8	7	2	2		2	2							
2.16	Лабораторная работа 10. Моделирование случайных величин	8	7	2		2	4		2	2		7	7	7	
2.17	Лабораторная работа 11. Функции в GPSS	8	7	2		2	2			2		7	7	7	
2.18	Тема 2.8. Методы решения систем конечно-разностных и конечно-элементных уравнений	8	7	2	2		2	2							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17		
<b>3</b>	<b>РАЗДЕЛ 3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ</b>	<b>8</b>	<b>8–12</b>	<b>34</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>8</b>							
3.1	Тема 3.1. Основы имитационного моделирования	8	8	2	2		2	2									
3.2	Лабораторная работа 12. Изменение направлением движения транзактов	8	8	2		2	4		2	2		8	8	8			
3.3	Лабораторная работа 13. Приоритеты и прерывания	8	8	2		2	2			2		8	8	8			
3.4	Тема 3.2. Модельное время	8	9	2	2		2	2									
3.5	Лабораторная работа 14. Сохраняемые величины, матрицы и таблицы	8	9	2		2	4		2	2		9	9	9			
3.6	Лабораторная работа 15. Управление процессом моделирования	8	9	2		2	2			2		9	9	9			
3.7	Тема 3.3. Подходы к созданию имитационных моделей	8	9	2	1		2	2									
	<b>Общая трудоемкость, в часах</b>			<b>63</b>	<b>27</b>	<b>36</b>	<b>81</b>	<b>28</b>	<b>14</b>	<b>36</b>	<b>3</b>	Промежуточная аттестация					
																Форма	Семестр
																Зачет	8
												Экзамен	8				

## **4.2. Содержание дисциплины**

### **4.2.1. Содержание лекционных занятий**

#### **РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ В МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

##### ***Тема 1.1. Понятие модели***

Цели и задачи дисциплины. Обзор литературы.

Понятие модели. Моделирование как научный прием. Вычислительный эксперимент.

##### ***Тема 1.2. Классификация моделей***

Классификация моделей. Материальное и идеальное моделирование. Иерархия моделей: когнитивная, содержательная концептуальная, формальная модели. Математическое моделирование. Имитационное моделирование как вид математического моделирования. Классификация математических моделей.

##### ***Тема 1.3. Построение математической модели***

Этапы построения математических моделей. Выбор метода решения задачи. Проверка адекватности модели.

#### **РАЗДЕЛ 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ, ОПИСЫВАЕМЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫМИ УРАВНЕНИЯМИ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ**

##### ***Тема 2.1. Конечно-разностная аппроксимация одномерных задач***

Метод конечных разностей: аппроксимация производных конечными разностями; конечно-разностная аппроксимация дифференциального уравнения; консервативные разностные схемы, интегро-интерполяционный метод.

##### ***Тема 2.2. Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений эллиптического типа***

Аппроксимация во внутренних узловых точках; аппроксимация граничных условий. Основные понятия, связанные с конечно-разностной аппроксимацией: аппроксимация и порядок аппроксимации; устойчивость; сходимости и порядок сходимости; консервативность и корректность.

##### ***Тема 2.3. Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений параболического и гиперболического типов***

Явные и неявные конечно-разностные схемы; неявные схемы с весами, схема Кранка-Николсона; устойчивость разностных схем для уравнений параболического типа.

Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений гиперболического типа.

##### ***Тема 2.4. Проекционные методы***

Общая схема проекционных методов. Метод Галеркина. Метод Рунге. Метод коллокации. Метод наименьших квадратов. Бессеточные методы на основе радиальных базисных функций.

##### ***Тема 2.5. Основы метода конечных элементов***

Общие понятия метода конечных элементов. Дискретизация области и нумерация узлов.

##### ***Тема 2.6. Базисные функции и метод конечных элементов***

Линейные интерполяционные полиномы: одномерный симплекс-элемент; двумерный симплекс-элемент; местная система координат. Объединение элементов в ансамбль. Вывод уравнений для элемента с помощью метода Галеркина.



### ***Тема 2.7. Примеры применения метода конечных элементов***

Примеры расчета одномерных и двумерных полей методом конечных элементов. Метод конечных элементов в многомерных нестационарных задачах математической физики.

### ***Тема 2.8. Методы решения систем конечно-разностных и конечно-элементных уравнений***

Особенности решения систем высокого порядка с разреженными матрицами коэффициентов; методы прогонки; итерационные методы.

## **РАЗДЕЛ 3. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

### ***Тема 3.1. Основы имитационного моделирования***

Математические основы создания имитационной модели. Метод Монте-Карло. Этапы имитационного моделирования. Основные понятия имитационного моделирования: процесс, событие, транзакт, ресурс, поток, задержка, обслуживание. Масштаб времени. Пример дискретно-событийного моделирования системы массового обслуживания.

### ***Тема 3.2. Модельное время***

Реальное, модельное и машинное время. Управление модельным временем. Организация квазипараллелизма в имитационных моделях.

### ***Тема 3.3. Подходы к созданию имитационных моделей***

Основные подходы к созданию имитационных моделей: транзактно-ориентированный, процессный, агентный. Пример управления процессом моделирования в системе GPSS.

## **4.2.2. Темы лабораторных работ**

1. Конечно-разностный метод с использованием метода прогонки решения одномерных краевых задач.
2. Решение уравнений эллиптического типа методом конечных разностей.
3. Решение уравнений параболического типа методом конечных разностей.
4. Освоение среды Partial Differential Equations (PDE) Toolbox системы MATLAB.
5. Решение дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов с использованием Partial Differential Equations (PDE) Toolbox системы MATLAB.
6. Освоение интегрированной среды GPSSW.
7. Типы операторов языка GPSS. Внесение транзактов в модель. Удаление транзактов из модели.
8. Модели обслуживающих устройств и очередей. Моделирование системы с одним обслуживающим прибором.
9. Моделирование многоканальных устройств.
10. Моделирование случайных величин.
11. Функции в GPSS.
12. Изменение направлением движения транзактов.
13. Приоритеты и прерывания.
14. Сохраняемые величины, матрицы и таблицы.
15. Управление процессом моделирования.

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В ходе освоения дисциплины "Математическое и компьютерное моделирование" при проведении аудиторных занятий используется образовательная технология,

предусматривающая такие методы и формы изучения материала как лекция, лабораторное занятие, включающие активные и интерактивные формы занятий:

Проведение лекции проблемного характера: тема 2.4. "Проекционные методы"; тема 2.8. "Методы решения систем конечно-разностных и конечно-элементных уравнений"; тема 3.5. "Проверка адекватности имитационной модели"; тема 3.7. "Стратегическое планирование имитационного эксперимента".

Проведение лабораторных занятий в интерактивной форме и публичная защита отчетов по лабораторным работам, работа в малых группах: лабораторная работа 2 "Решение уравнений эллиптического типа методом конечных разностей"; лабораторная работа 16 "Процедура дисперсионного анализа ANOVA"; лабораторная работа 17 "Отсеивающий эксперимент с моделью".

Занятия, проводимые в интерактивной форме составляют 25 % от общего количества аудиторных занятий.

Лабораторные занятия проводятся и индивидуальные задания проводятся с использованием современных программных средств: MATLAB и GPSSW.

Самостоятельная работа студентов подразумевает работу под руководством преподавателя (консультации, помощь в написании и отладке программ и др.) и индивидуальную работу студента, выполняемую как дома, так и в компьютерном классе с выходом в Интернет.

При реализации образовательных технологий используются следующие виды самостоятельной работы:

- работа с конспектом лекции и литературой;
- подготовка к лабораторной работе: изучение теоретического материала, разработка и отладка программ заданий по лабораторным работам;
- обработка результатов лабораторных работ и подготовка письменных отчетов;
- выполнение и оформление индивидуальных домашних заданий: изучение теоретического материала, разработка алгоритма решения задачи, разработка и отладка программ, эксперимент с разработанной программой, оформление письменного отчета;
- поиск информации в Интернет и литературе;
- подготовка к сдаче лабораторных работ и индивидуальных заданий;
- подготовка к контрольным работам;
- подготовка к сдаче зачёта и экзамена.

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

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	1.1. Понятие модели	Подготовка к лекциям	Изучение понятие модели	2	2
1	Лабораторная работа 1. Конечно-разностный метод с использованием метода прогонки решения одномерных краевых задач	Подготовка к лабораторным работам	Изучение метода конечных разностей. Повторение метода прогонки.	3	2
1	Лабораторная работа 1. Конечно-разностный метод с использованием метода прогонки решения одномерных краевых задач	Подготовка к лабораторным работам	Изучение метода конечных разностей. Повторение метода прогонки.	3	2
1	Тема 1.2. Классификация моделей	Подготовка к лекциям	Изучение различных видов моделей.	2	2
2	Тема 1.3. Построение математической модели	Подготовка к лекциям	Изучение основных операций по построению моделей	2	2
2	Лабораторная работа 2. Решение уравнений эллиптического типа методом конечных разностей	Подготовка к лабораторным работам	Изучение метода конечных разностей для уравнений эллиптического типа	1, 3	2
2	Лабораторная работа 2. Решение уравнений эллиптического типа методом конечных разностей	Подготовка к лабораторным работам	Изучение метода конечных разностей для уравнений эллиптического типа	1, 3	2
3	Тема 2.1. Конечно-разностная аппроксимация одномерных задач	Подготовка к лекциям	Изучение метода конечных разностей для одномерных задач	1, 3	2
3	Лабораторная работа 3. Решение уравнений параболического типа методом конечных разностей	Подготовка к лабораторным работам	Изучение решения краевых задач в среде PDE Toolbox	1, 3	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Анализ требований задания, подбор литературы	2	2
3	Лабораторная работа 3. Решение уравнений параболического типа методом конечных разностей	Подготовка к лабораторным работам	Изучение решения краевых задач в среде PDE Toolbox	1, 3	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Анализ требований задания, подбор литературы	2	2
3	Тема 2.2. Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений эллиптического типа	Подготовка к лекциям	Изучение метода конечных разностей для уравнений эллиптического типа	1, 3	2
4	Тема 2.3. Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений параболического и гиперболического типов	Подготовка к лекциям	Изучение разностной аппроксимации во внутренних и граничных узлах	1, 3	2
4	Лабораторная работа 4. Освоение	Подготовка к	Изучение среды	7	2

	среды Partial Differential Equations (PDE) Toolbox.	лабораторным работам			
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Разработка алгоритма решения	1, 3	2
4	Лабораторная работа 5. Решение дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов	Подготовка к лабораторным работам	Изучение среды	7	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Разработка алгоритма решения	1, 3	2
5	Тема 2.4. Проекционные методы	Подготовка к лекциям	Изучение проекционных методов	1, 3	2
5	Лабораторная работа 6. Освоение интегрированной среды GPSSW	Подготовка к лабораторным работам	Изучение среды	4	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Корректировка алгоритма решения с учетом замечаний преподавателя		2
5	Лабораторная работа 7. Типы операторов языка GPSS. Внесение транзактов в модель. Удаление транзактов из модели	Подготовка к лабораторным работам	Изучение операторов. Выполнение примеров	4	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Корректировка алгоритма решения с учетом замечаний преподавателя	1, 3	2
5	Тема 2.5. Основы метода конечных элементов	Подготовка к лекциям	Изучение метода конечных элементов	1, 3	2
5	Подготовка к контрольной работе			1–3	3
6	Тема 2.6. Базисные функции и метод конечных элементов	Подготовка к лекциям	Изучение слабой формулировки метода Галеркина для стационарных задач	1, 3	2
6	Лабораторная работа 8. Модели обслуживающих устройств и очередей. Моделирование системы с одним обслуживающим прибором	Подготовка к лабораторным работам	Изучение операторов. Выполнение примеров	4	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Разработка и отладка программ	1, 3	2
6	Лабораторная работа 9. Моделирование многоканальных устройств	Подготовка к лабораторным работам	Изучение операторов. Выполнение примеров	4	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Разработка и отладка программ	1, 3–5, 7	2
7	Тема 2.7. Примеры применения метода конечных элементов	Подготовка к лекциям	Изучение различных применений метода конечных элементов	1, 3	2
7	Лабораторная работа 10. Моделирование случайных величин	Подготовка к лабораторным работам	Изучение операторов. Выполнение примеров	4	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Проведение экспериментов с разработанными программами	7	2
7	Лабораторная работа 11. Функции в GPSS	Подготовка к лабораторным работам	Изучение операторов. Выполнение примеров	4	2

		Выполнение индивидуального домашнего задания	Проведение экспериментов с разработанными программами	8–9	2
7	Тема 2.8. Методы решения систем конечно-разностных и конечно-элементных уравнений	Подготовка к лекциям	Повторить итерационные методы решения систем линейных алгебраических уравнений	1, 3, 5	2
8	Тема 3.1. Основы имитационного моделирования	Подготовка к лекциям	Изучение численных методов решения интегральных уравнений	4	2
8	Лабораторная работа 12. Изменение направлением движения транзактов	Подготовка к лабораторным работам	Изучение операторов. Выполнение примеров	4	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Подготовка отчета о выполнении индивидуального задания	7	2
8	Лабораторная работа 13. Приоритеты и прерывания	Подготовка к лабораторным работам	Изучение операторов. Выполнение примеров	4	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Подготовка отчета о выполнении индивидуального задания		2
9	Тема 3.2. Модельное время	Подготовка к лекциям	Изучение понятия различных видов времени в имитационном моделировании		2
9	Лабораторная работа 14. Сохраняемые величины, матрицы и таблицы	Подготовка к лабораторным работам	Изучение операторов. Выполнение примеров	4	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Защита задания		2
9	Лабораторная работа 15. Управление процессом моделирования	Подготовка к лабораторным работам	Изучение операторов. Выполнение примеров	4	2
		Выполнение индивидуального домашнего задания	Защита задания		2
9	Тема 3.3. Подходы к созданию имитационных моделей	Подготовка к лекциям	Изучение различных подходов к имитационному моделированию	4, 6	2

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

При работе с конспектом лекций и изучении рекомендованной литературы студенту необходимо изучить конспект лекций, ответить на контрольные вопросы, изучить разделы рекомендованной литературы. Следует поощрять регулярную работу студентов с теоретическим материалом и чтение источников, выходящих за пределы рекомендованного списка литературы.

При подготовке к лабораторным работам студентам следует изучить теоретический материал по теме лабораторной работы, ответить на контрольные вопросы

При оформлении отчетов по лабораторным работам студент должен изучить требования к оформлению отчета, представить результаты выполнения работы, проанализировать результаты работы и сделать выводы по работе.

При выполнении индивидуального задания студенту необходимо провести анализ задания, изучить рекомендованную литературу, обоснованно выбрать метод решения задач, разработать алгоритм решения, разработать и отладить программы, провести вычислительный эксперимент, проанализировать результаты. Студент в обязательном порядке должен показать, что полученные результаты являются решением задач. Следует пояснить студентам, что формальный поиск в Интернет решения аналогичных задач не позволит полноценно выполнить задание и зачастую приводит к неверным результатам. Работа над заданием должна включать элементы исследования, например, сравнение различных методов решения, исследование точности решения.

Подготовка к зачету и экзамену подразумевает повторение изученного материал. Использование при подготовке и ответах результатов выполнения индивидуальных заданий облегчает подготовку и повышает качество ответа.

Студентам из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья могут быть предложены электронные образовательные ресурсы в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

### 6.3. Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов

№ п/п	Вид контроля	Контролируемые разделы	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Текущий: опрос на лабораторных работах.	1–4	ОПК-1, 3, 4
2.	Проверка отчетов о выполнении лабораторных работ.	1–4	ОПК-1, 3, 4, ПК-7
3.	Проверка индивидуальных домашних заданий	1–4	ОПК-1, 3, 4, ПК-5, 7
5.	Промежуточный: экзамен	1–4	ОПК-1, 3, 4, ПК-5, 7

### 6.4. Демонстрационный пример контрольной работы

Используя функцию `delsq` произвести конечно-разностной аппроксимации оператора Лапласа в квадрате, размером  $100 \times 100$  узловых точек. Вектор правой части взять состоящим из единиц. Полученную систему разностных уравнений решить преобусловленным методом сопряженных градиентов с использованием неполной факторизации Холецкого.

### 6.5. Демонстрационный пример индивидуального домашнего задания

Методом конечных разностей найти решение задачи Дирихле в квадрате со стороной 1 для уравнения Лапласа с граничными условиями вида:

$$u(0, y) = e^{-y^2}, \quad 0 \leq y \leq 1; \quad u(1, y) = e^{1-y^2}, \quad 0 \leq y \leq 1;$$

$$u(x, 0) = e^{x^2}, \quad 0 \leq x \leq 1; \quad u(x, 1) = e^{x^2-1}, \quad 0 \leq x \leq 1.$$

Обратите внимание, что в угловых точках значения граничных условий могут не совпадать.

Принять шаг сетки  $h \leq 0.1$ , провести эксперименты с различными значениями шага. Для решения системы разностных уравнений использовать метод последовательной верхней

релаксации, подобрать коэффициент релаксации. Построить график решения и графики изменения относительной нормы невязки системы разностных уравнений в зависимости от номера итерации.

### 6.6. Демонстрационный пример индивидуального аудиторного задания

На вход одноканальной обслуживающей системы поступает поток требований, время поступления которых равномерно распределено в интервале от  $A$  до  $B$  единиц времени. С вероятностью  $p_1$  требование имеет первый тип, с вероятностью  $p_2$  – второй тип. Требования второго типа при выборе из очереди имеют больший приоритет, чем требования первого типа. Время обслуживания требования прибором имеет экспоненциальное распределение со средним значением  $t_1$  единиц времени для требования первого типа,  $t_2$  для требования второго типа. Исходные данные представлены в табл. 3. Промоделировать обслуживание  $K$  требований. *Оценить* длину очереди требований перед прибором.

Вариант	$A$	$B$	$p_1$	$p_2$	$t_1$	$t_2$	$K$
1	20	40	0.40	0.60	12	16	100
2	30	70	0.20	0.80	28	26	200
3	200	300	0.30	0.70	100	190	300
4	180	260	0.65	0.35	70	200	400

### 6.7. Перечень примерных вопросов к зачету

1. Конечно-разностная аппроксимация оператора Лапласа с использованием стандартных функций MATLAB.
2. Реализация метода сопряженных градиентов.
3. Неполная факторизация Холецкого и ее реализация в MATLAB.
4. Неполное LU-разложение и его реализация в MATLAB.
5. Портрет матрицы системы разностных уравнений и его построение в MATLAB.
6. Хранение разреженных матриц в MATLAB.
7. Решение дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов с использованием Partial Differential Equations (PDE) Toolbox системы MATLAB.
8. Построение графика изменения относительной нормы невязки системы разностных уравнений в зависимости от номера итерации.
9. Внесение и удаление транзактов в модель на GPSS.
10. Моделирование одноканальных устройств.
11. Сбор статистики об ожидании на GPSS.
12. Переход транзакта в блок, отличный от последующего.
13. Моделирование многоканальных устройств.
14. Переменные в GPSS.
15. Функции в GPSS, моделирование случайных величин.
16. Стандартные числовые атрибуты в GPSS, параметры транзактов.
17. Изменение приоритета транзакта.
18. Организация обслуживания с прерыванием.
19. Сохраняемые величины и матрицы в GPSS.
20. Определение и использование таблиц.
21. Управление процессом моделирования в GPSS.
22. Управление потоками транзактов в GPSS.

## 6.8. Перечень примерных вопросов к экзамену

1. Понятие модели.
2. Классификация моделей.
3. Классификация математических моделей.
4. Этапы построения математической модели.
5. Выбор метода решения задачи.
6. Проверка адекватности модели.
7. Типы математических моделей.
8. Понятие имитационной модели.
9. Конечно-разностная аппроксимация во внутренних узловых точках для уравнений эллиптического типа.
10. Аппроксимация граничных условий для дифференциальных уравнений в частных производных.
11. Основные понятия конечно-разностной аппроксимации (аппроксимация и порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость и порядок сходимости, консервативность и корректность).
12. Консервативные разностные схемы. Интегро-интерполяционный метод.
13. Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений параболического типа.
14. Конечно-разностная аппроксимация задач для уравнений гиперболического типа.
15. Методы Галеркина и Рунге.
16. Метод коллокации. Метод наименьших квадратов.
17. Бессеточные методы на основе радиальных базисных функций.
18. Общие понятия метода конечных элементов.
19. Одномерный симплекс-элемент.
20. Двумерный симплекс-элемент.
21. Местная система координат в МКЭ.
22. Объединение конечных элементов в ансамбль.
23. Модельное время. Управление модельным временем.
24. Подходы в имитационном моделировании.
25. Транзактно-ориентированный подход к созданию моделей. Пример моделирования системы массового обслуживания.
26. Транзактно-ориентированный подход к созданию моделей. Управление процессом моделирования в системе GPSS.
27. Понятие агентных моделей.
28. Способы генерирования равномерно распределенных псевдослучайных чисел.
29. Моделирование случайных событий.
30. Генерирование псевдослучайных чисел с заданным законом распределения методом обратной функции.
31. Генерирование нормально распределенных псевдослучайных чисел с использованием условий предельных теорем теории вероятностей.
32. Моделирование потоков событий.
33. Оценка адекватности модели.
34. Анализ устойчивости и чувствительности модели.
35. Определение точности моделирования и числа реализаций.
36. Нестационарные режимы работы модели. Методы понижения дисперсии.
37. Применение в моделировании дисперсионного анализа (отсеивающий эксперимент).
38. Основные понятия планирования эксперимента.
39. Математическая модель полного факторного эксперимента. Построение регрессионной модели.
40. Поиск оптимальных параметров модели. Методология поверхности отклика.



## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ "МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ"

### 7.1. Основная литература

1. Бахвалов Н. С., Жидков Н. С., Корольков Г. М. Численные методы. — М.: БИНОМ, 2004. — 638 с. (10 экз.)  
[http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r\\_91/cgiirbis\\_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL\\_PRINT&S21FMT=fullw\\_print&C21COM=F&Z21MFN=4652](http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=4652)
2. Введение в математическое моделирование / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер, О. Б. Наймарк, В. Ю. Столбов, П. В. Трусов, П. Г. Фрик; Под ред. П. В. Трусова. — М.: Логос, 2007. — 440 с.  
Электронная библиотека Попечительского совета механико-математического факультета Московского государственного университета  
<http://lib.mexmat.ru/books/148658>
3. Демидович Б. П., Марон И. А., Шувалова Э. З. Численные методы анализа. Приближение функций, дифференциальные и интегральные уравнения. — СПб.: Лань, 2008. — 400 с. (10 экз.)  
[http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r\\_91/cgiirbis\\_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL\\_PRINT&S21FMT=fullw\\_print&C21COM=F&Z21MFN=11368](http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=11368)
4. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. — М.: Высшая школа, 2005. — 343 с. (25 экз.)  
[http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r\\_91/cgiirbis\\_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL\\_PRINT&S21FMT=fullw\\_print&C21COM=F&Z21MFN=5270](http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=5270)

### 7.2. Дополнительная литература

5. Горбаченко В. И. Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 320 с. (20 экз.)  
[http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r\\_91/cgiirbis\\_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL\\_PRINT&S21FMT=fullw\\_print&C21COM=F&Z21MFN=15967](http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=15967)
6. Григорьев И. AnyLogic за три дня. — СПб.: AnyLogic Company, 2016. — 202 с.  
( <http://www.anylogic.ru/free-simulation-book-and-modeling-tutorials> )
7. Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5+SIMULINK 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя/ — М.: СОЛОН-Пресс, 2002. — 180 с. (10 экз.)  
[http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r\\_91/cgiirbis\\_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL\\_PRINT&S21FMT=fullw\\_print&C21COM=F&Z21MFN=32](http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=32)

### 7.3. Интернет-ресурсы

В Интернет имеется большое количество ресурсов, посвященных математическому и компьютерному моделированию. В таблице перечислены источники, наиболее близкие к тематике дисциплины.

№ п/п	Адрес сайта	Описание материала, содержащегося на сайте
1.	<a href="http://www.intuit.ru/studies/courses/2260/156/info/">http://www.intuit.ru/studies/courses/2260/156/info/</a>	Губарь Ю. Введение в математическое моделирование.
2.	<a href="http://www.intuit.ru/studies/courses/643/499/info/">http://www.intuit.ru/studies/courses/643/499/info/</a>	Боев В., Сыпченко Р. Компьютерное моделирование.
3.	<a href="http://www.intuit.ru/studies/courses/623/479/info/">http://www.intuit.ru/studies/courses/623/479/info/</a>	Афонин В., Федосин С. Моделирование систем.
4.	<a href="http://www.intuit.ru/studies/courses/4818/1066/info/">http://www.intuit.ru/studies/courses/4818/1066/info/</a>	Боев В. Концептуальное проектирование систем в AnyLogic и GPSS World
5.	<a href="http://window.edu.ru/resource/651/75651/files/MATHMETHODS.pdf/">http://window.edu.ru/resource/651/75651/files/MATHMETHODS.pdf/</a>	Рейзлин В. И., Быков С. Ф. Математические методы проектирования. — Томск: Изд-во Национального исследовательского Томского политехнического университета, 2010. — 144 с.
6.	<a href="http://simulation.su/ru.html">http://simulation.su/ru.html</a>	Сайт Российского Национального общества имитационного моделирования. Содержит наиболее полную информацию о применении методов компьютерного моделирования в России. Представлены новинки учебной литературы (некоторые пособия можно скачать).
7.	<a href="http://gpss.ru/">http://gpss.ru/</a>	Российский сайт, посвященный использованию языка GPSS.
8.	<a href="http://www.minutemansoftware.com/">http://www.minutemansoftware.com/</a>	Сайт фирмы Minuteman Software, разработчика системы моделирования GPSS World. На сайте можно скачать свободно распространяемую студенческую версию системы и документацию (на англ. языке).
9.	<a href="http://www.elina-computer.ru/">http://www.elina-computer.ru/</a>	Сайт российской компании "Элина-Компьютер", разработка программ имитационного моделирования, официального дистрибьютора GPSS World в России.
10.	<a href="http://www.anylogic.ru/">http://www.anylogic.ru/</a>	Сайт российской компании The AnyLogic Company — одной из ведущих компаний в области инструментов и приложений имитационного моделирования в мире и абсолютный лидер в России. Компания разработала систему AnyLogic — инструмент имитационного моделирования нового поколения, объединивший подходы системной динамики, дискретно-событийного и агентного моделирования.
11.	<a href="http://www.arenasimulation.com/Arena Home.aspx">http://www.arenasimulation.com/Arena Home.aspx</a>	Сайт фирмы Rockwell Automation, разработчика системы моделирования ARENA — мирового лидера в области имитационного моделирования.

#### 7.4. Программное обеспечение

Все лабораторные работы выполняются на персональных компьютерах в системах MATLAB и GPSS World.

### 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ "МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ"

Студенты используют рабочие места в компьютерном классе, оборудованном локальной сетью и выходом в Internet, имеющиеся в библиотеке учебники. На сервере университета представлены в свободном доступе входящие в состав учебно-методического комплекса полные электронные версии лекционного курса, лабораторный практикум и индивидуальные задания.

Рабочая программа дисциплины "Математическое и компьютерное моделирование" составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки "Прикладная математика и информатика".

Программу составил:

Горбаченко В.И.,

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой



---

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

Программа одобрена на заседании кафедры "Компьютерные технологии"

Протокол № 8<sup>а</sup>

от "16" 04 2015 года

Зав. кафедрой КТ



---

В.И. Горбаченко

Программа одобрена методической комиссией факультета вычислительной техники

Протокол № 5<sup>а</sup>

от "17" 04 2015 года

Председатель методической комиссии  
факультета вычислительной техники



---

Н.Н. Коннов

**Сведения о переутверждении программы на очередной учебный год  
и регистрации изменений**

Учеб- ный год	Решение кафедры (№ протокола, дата, подпись зав. кафед- рой)	Внесенные измене- ния	Номера листов		
			заменен- ных	новых	аннулиро- ванных
2017/2018	1. Переутвержден без изменений № от 31 августа 2017г.	-	—	—	—
2017/2018 диссерт	2. Скорректирован список в связи с приня- тым решением МАТНДН № от 15.11/2017г.	-	—	—	—