

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Филонова Д.Р.

« 08 »

июль

2019

Техники

Министерство образования и науки Российской Федерации
Пензенский государственный университет
Факультет вычислительной техники

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.1.37 ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Направление подготовки — 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль подготовки — Компьютерные технологии

Квалификация выпускника — бакалавр

Форма обучения — очная

1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Имитационное моделирование» является формирование и развитие у будущих бакалавров прикладной математики и информатики общепрофессиональных и профессиональных компетенций, формирование системы знаний, умений и навыков базовых методов имитационного моделирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП бакалавриата

Дисциплина «Имитационное моделирование» в учебном плане находится в обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ОПОП и является одной из дисциплин, формирующих профессиональные знания и навыки, характерные для бакалавра по направлению подготовки «Прикладная математика и информатика».

Требованием к «входным» знаниям, умениям и готовностям, необходимым при освоении дисциплины «Имитационное моделирование», является усвоение обучающимся дисциплин: «Алгоритмы и алгоритмические языки», «Языки и методы программирования», «Теория вероятностей», «Численные методы», «Методы оптимизации».

Дисциплина «Алгоритмы и алгоритмические языки» базируется на изучении дисциплин: Численный анализ математических моделей, Дискретная математика, Статистический анализ данных.

Освоение дисциплины «Алгоритмы и алгоритмические языки» необходимо как предшествующее для освоения дисциплин: Кроссплатформенное программирование, Искусственный интеллект, Нейронные сети и практик: Учебная практика (технологическая, проектно-технологическая), Производственная практика (технологическая, проектно-технологическая), Производственная практика (преддипломная).

3. Результаты освоения дисциплины «Имитационное моделирование»

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

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикатор достижения компетенции	В результате освоения дисциплины обучающийся должен:
ОПК-3	Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения задач	ОПК-3.1. Понимает и применяет базовые математические модели	Знать: математические основы построения моделирующих алгоритмов
			Уметь: использовать основные методы имитационного моделирования
			Владеть: навыками техники вычислительного эксперимента
		ОПК-3.2. Критически оценивает базовые математические модели для решения профессиональных задач	Знать: основные алгоритмы имитационного моделирования
			Уметь: разрабатывать алгоритмы имитационного моделирования
			Владеть: владеть основами программирования в одной из систем имитационного моделирования
		ОПК-3.3. Применяет прикладные программы для реализации методов математического моделирования	Знать: особенности применения имитационного моделирования при решении стандартных задач
			Уметь: выбирать средства имитационного моделирования
			Владеть: средствами одной из систем имитационного моделирования
		ОПК – 3.4. Использует и при необходимости модифицирует существующие модели для решения задач в области обработки данных и искусственного интеллекта	Знать: источники информации по имитационно моделированию
			Уметь: искать информацию по методам и средствам имитационного моделирования
			Владеть: навыками поиска информации в сети Интернет

ПК-2	Способен создавать и исследовать математические модели в естественных науках, промышленности и бизнесе, с учетом возможностей современных информационных технологий и языков программирования и компьютерной техники	ПК-2.1. Анализирует возможности современных информационных технологий и языков программирования и компьютерной техники	Знать: основные алгоритмические и программные решения для имитационного моделирования
			Уметь: разрабатывать программы моделирования.
			Владеть: языками и системами моделирования
		ПК-2.2. Аргументирует использование инструментальных средств и методов создания и исследования математических моделей	Знать: особенности применения имитационного моделирования при решении стандартных задач
			Уметь: разрабатывать алгоритмы имитационного моделирования
			Владеть: средствами одной из систем имитационного моделирования
		ПК-2.3. Разрабатывает и реализует алгоритмы построения математических моделей на базе языков программирования и пакетов прикладных программ моделирования	Знать: источники информации по имитационно моделированию
			Уметь: выбирать средства имитационного моделирования
			Владеть: навыками техники вычислительного эксперимента

4. Структура и содержание дисциплины Имитационное моделирование

4.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Наименование	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Контактная работа				Самостоятельная работа			Собеседование	Контроль выполнения домашнего задания
				Всего	Лекция	Лабораторные занятия	Др. виды контакт. работы	Всего	Выполнение лабораторных работ	Подготовка к аудиторным занятиям		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Раздел 1. Основы имитационного моделирования	8	1-3	13,00	6	6	1,00		3	6		
1.1	Тема 1.1. Понятие модели, классификация моделей	8	1	2,00	2					2	1	

1.2	Лб.1. Интегрированная среда GPSSW	8	1	2,00		2			2			1
1.3	Тема 1.2. Основные понятия теории массового обслуживания	8	2	2,00	2					2	2	
1.4	Лб.2. Основные операторы GPSSW	8	2	3,00		2	1,00		2			
1.5	Тема 1.3. Построение имитационной модели	8	3	2,00	2					2	3	
1.6	Лб.3. Модели обслуживающих устройств и очередей	8	3	2,00		2			1			3
2	Раздел 2. Подходы к созданию имитационных моделей	8	4-5	8,00	4	4	0		2	3,75		
2.1	Тема 2.1 Модельное время	8	4	2,00	2					1,75	4	
2.2	Лб.4 Моделирование многоканальных устройств	8	4	2,00		2			2			
2.3	Тема 2.2. Подходы к созданию имитационных моделей	8	5	2,00	2					2	5	
2.4	Лб.5 Моделирование случайных величин	8	5	2,00		2			1			5
3	Раздел 3. Моделирование случайных факторов	8	6	4,00	2	2			2	2		
3.1	Тема 3.1. Генерирование равномерно распределенных псевдослучайных чисел	8	6	2,00	2					2	6	
3.2	Лб.6 Функции GPSSW	8	6	2,00		2			2			6
4	Раздел 4. Эксперименты с имитационной моделью	8	7-10	17,25	8	8	1,25		5	6		
4.1	Тема 4.1 Тактическое планирование	8	7-8	4,00	4					2	7	
4.2	Лб.7. Сохраняемые величины, таблицы	8	7-8	4,00		4			2			8
4.3	Тема 4.2 Отсеивающий эксперимент	8	9	2,00	2					2	8	

4.2. Содержание дисциплины

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Тема 1.1. Понятие модели и классификация моделей

Понятие модели. 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 1.2. Основные понятия теории массового обслуживания

Теория массового обслуживания как концептуальная основа дискретно-событийного имитационного моделирования. Структура системы массового обслуживания, обслуживающие приборы, потоки заявок. Простейший поток заявок. Потоки с ограниченным последствием. Поток Эрланга и его роль в моделировании. Виды обслуживающих каналов и дисциплины обслуживания.

Тема 1.3. Построение имитационной модели

Метод Монте-Карло. Дискретно-событийное моделирование. Этапы построения имитационных моделей. Пример дискретно-событийного моделирования системы массового обслуживания.

РАЗДЕЛ 2. ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Тема 2.1. Модельное время

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

Тема 2.2. Подходы к созданию имитационных моделей

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

РАЗДЕЛ 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ФАКТОРОВ

Тема 3.1. Генерирование равномерно распределенных псевдослучайных чисел, моделирование случайных событий. Способы генерирования равномерно распределенных псевдослучайных чисел. Генерирование псевдослучайных чисел с заданным законом распределения: метод обратной функции, генерирование нормально распределенных псевдослучайных чисел с использованием условий предельных теорем теории вероятностей. Моделирование случайных событий и потоков.

РАЗДЕЛ 4. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛЬЮ

Тема 4.1. Проверка адекватности имитационной модели, тактическое планирование имитационного эксперимента

Валидация и верификация модели. Схема О. Балчи разработки и реализации имитационной модели. Анализ устойчивости и чувствительности модели.

Определение точности моделирования и числа реализаций. Нестационарные режимы работы имитационной модели. Организация прогонов модели. Уменьшение влияния переходного периода на получаемые оценки. Методы понижения дисперсии.

Тема 4.2. Отсеивающий эксперимент

Однофакторный дисперсионный анализ (ANOVA). Выделение существенных для моделирования факторов с помощью дисперсионного анализа.

Тема 4.3. Основы планирования имитационного эксперимента

Понятие планирования эксперимента. Факторный эксперимент. Факторные планы. Построение регрессионной модели. Поиск оптимальных параметров модели (методология поверхности отклика).

Темы лабораторных работ

Освоение интегрированной среды GPSSW.

1. Типы операторов языка GPSS. Внесение транзактов в модель. Удаление транзактов из модели.
2. Модели обслуживающих устройств и очередей.
3. Моделирование системы с одним обслуживающим прибором.
4. Моделирование многоканальных устройств.
5. Моделирование случайных величин.
6. Функции в GPSS.
7. Сохраняемые величины, матрицы и таблицы.
8. Управление процессом моделирования.
9. Процедура дисперсионного анализа ANOVA.

5. Образовательные технологии

В ходе освоения дисциплины «Имитационное 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 2.2. "Подходы к созданию имитационных моделей; тема 4.5. "Проверка адекватности имитационной модели"; тема 4.3 "Основы планирования имитационного эксперимента".

Проведение лабораторных занятий в интерактивной форме и публичная защита отчетов по лабораторным работам, работа в малых группах: лабораторная работа 8 "Процедура дисперсионного анализа ANOVA".

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

Лабораторные занятия проводятся и индивидуальные задания проводятся с использованием современного программного средства 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;
- подготовка к сдаче лабораторных работ и индивидуальных заданий;
- подготовка к сдаче зачёта.

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.

В качестве других видов контактной работы запланированы консультации при подготовке и проведении текущей и промежуточной аттестации.

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	2	3	4	5	6
1	Тема 1.1. Понятие модели и классификация моделей	Подготовка к аудит. занятиям	Изучить понятия модели и математической модели, классификация моделей		2
1	ЛБ 1. Освоение интегрированной среды GPSSW	Подготовка к лабораторным работам	Ознакомиться со средой моделирования GPSSW	1-3	2
2	Тема 1.2. Основные понятия теории массового обслуживания	Подготовка к аудит. занятиям	Повторить основные понятия теории массового обслуживания	1-3	2
2	ЛБ 2. Типы операторов языка GPSS. Внесение транзактов в модель. Удаление транзактов из модели	Подготовка к лабораторным работам	Изучить типы операторов языка GPSS внесение транзактов в модель и удаление транзактов из модели	1-3	2
3	Тема 1.3. Построение имитационной модели	Подготовка к аудит. занятиям	Изучить понятия метода Монте-Карло и дискретно-событийного моделирования. Разобрать пример дискретно - событийного моделирования системы массового обслуживания.	1-3	2

1	2	3	4	5	6
3	ЛБ 3. Модели обслуживающих устройств и очередей.	Подготовка к лабораторным работам	Изучить моделирование обслуживающих устройств и очередей	1-3	1
4	Тема 2.1. Модельное время	Подготовка к аудит. занятиям	Изучить понятия реального, модельного и машинного времени, способы управления модельным временем и организации квазипараллелизма в имитационных моделях.	1-3	1,75
5	Тема 2.2. Подходы к созданию имитационных моделей	Подготовка к аудит. занятиям	Изучить транзактно-ориентированный, процессный, агентный. Разобрать пример управления процессом моделирования в системе GPSS	1-3	2
5	ЛБ 5. Моделирование случайных величин	Подготовка к лабораторным работам	Изучить моделирование случайных величин	1-3	1
6	Тема 3.1. Генерирование равномерно распределенных псевдослучайных чисел, моделирование случайных событий, величин и потоков	Подготовка к аудит. занятиям	Изучить способы генерирования равномерно распределенных псевдослучайных чисел, псевдослучайных чисел с заданным законом распределения случайных события и потоков.	1-3	2
6	ЛБ 6. Функции в GPSS	Подготовка к лабораторным работам	Изучить реализацию функций в GPSS. Проведение экспериментов с разработанной моделью	1-3	2

1	2	3	4	5	6
7-8	Тема 4.1. Проверка адекватности имитационной модели. Тактическое планирование имитационного эксперимента	Подготовка к аудит. занятиям	Изучить понятия валидации и верификации модели, схему О. Балчи разработки и реализации имитационной модели, анализ устойчивости и чувствительности модели. Изучить определение точности моделирования и числа реализаций и организацию прогонов модели.	1-3	2
7-8	ЛБ 7. Сохраняемые величины, матрицы и таблицы	Подготовка к лабораторным работам	Изучить сохраняемые величины, матрицы и таблицы Анализ результатов экспериментов	1-3	2
9	Тема 4.2. Применение дисперсионного анализа (отсеивающий эксперимент)	Подготовка к аудит. занятиям	Изучить выделение существенных для моделирования факторов с помощью дисперсионного анализа	1-3	2
9	ЛБ 8. Управление процессом моделирования	Подготовка к лабораторным работам	Изучение управление процессом моделирования	1-3	1
10	Тема 4.3. Основы планирования имитационного эксперимента	Подготовка к аудит. занятиям	Изучить понятия планирования эксперимента, факторного эксперимента, поиска оптимальных параметров модели (методология поверхности отклика)	1-3	2
10	ЛБ 9. Процедура дисперсионного анализа ANOVA	Подготовка к лабораторным работам	Изучить реализацию процедуры дисперсионного анализа ANOVA	1-3	1

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Планируются следующие виды самостоятельной работы:

- подготовка к лабораторным работам занятиям,
- выполнение индивидуального задания,
- оформление отчётов по лабораторным работам,
- подготовка к экзамену,
- работа с конспектом лекций и изучение литературы при подготовке к экзаменам

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	Текущий: проверка выполнения индивидуального задания на лабораторной работе	Разделы 1 – 4	ОПК-3, ПК-2
2	Текущий: собеседование при защите лабораторных работ	Разделы 1 – 4	ОПК-3, ПК-2

Материалы для проведения текущего контроля знаний и промежуточной аттестации составляют отдельный документ – Фонд оценочных средств по дисциплине Алгоритмы и алгоритмические языки.

Демонстрационные варианты оценочных средств для каждого вида контроля смотри ЭИОС (<http://moodle.pnzgu.ru>) в разделе Оценочные средства по дисциплине в курсе Имитационное моделирование.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Алгоритмы и алгоритмические языки»

а) Основная литература

1. Советов Б. Я. Яковлев С. А. Моделирование систем. — М • Высшая школа, 2005. — 343 с. (25 экз.) http://kleopatra.pnzgu.ru/cgi-bin/irbis64r91/cgiirbis_64.exe?P21DBN=KATL&I21DBN=KATL_PRINT&S21FMT=fullw_print&C21COM=F&Z21MFN=5270
2. Кудрявцев ЕМ GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. — М • ДМК Пресс, 2008 — 317 с. (ЭБС Лань <https://e.lanbook.com/boold1213>)

б) Дополнительная литература

3. Григорьев И. AnyLogic за три дня. — СПб: AnyLogic Сотрапу, 2016. — 202 с. (<http://www.anylogic.ru/free-simulation-and-modeling-tutorial>)

в) Интернет ресурсы

п/п	Адрес сайта	Описание материала, содержащегося на сайте
2.	http://www.intuit.ru/studies/courses/643/499/info/	Боев В., Сыпченко Р. Компьютерное моделирование.
3.	http://www.intuit.ru/studies/courses/623/479/info/	Афонин В., Федосин С. Моделирование систем.
4.	http://www.intuit.ru/studies/courses/4818/1066/info/	Боев В. Концептуальное проектирование систем в AnyLogic и GPSS World
6.	http://simulation.su/ru.html	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.	http://gpss.ru/	Российский сайт, посвященный использованию языка GPSS.
8.	http://www.minutemansoftware.com/	Сайт фирмы Minuteman Software, разработчика системы моделирования GPSS World. На сайте можно скачать свободно распространяемую студенческую версию системы и документацию (на англ. языке).

9.	http://www.elina-computer.ru/	Сайт российской компании ”Эшина-Компьютер” , разработка программ имитационного моделирования, официального дистрибутива GPSS World в России.
10	http://www.anylogic.ru/	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	http://www.arenasimulation.com/AreaHome.aspx	Сайт фирмы Rockwell Automation, разработчика системы моделирования ARENA — мирового лидера в области имитационного моделирования.

в) Программное обеспечение

Все работы выполняются на персональных компьютерах под управлением ОС Windows XP/7/10 на свободно распространяемом языке GPSS World.

Рабочая программа дисциплины Имитационное моделирование составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от «10» января 2018 г. № 9.

Программу составил:

Горюнов Ю.Ю., доцент кафедры КТ



(подпись)

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 № 12

от «26» июня 2019 года

Зав. кафедрой КТ

д.т.н., профессор



Горбаченко В.И.

Программа одобрена методической комиссией факультета вычислительной техники

Протокол № 10 от «03» июня 2019 года

Председатель методической комиссии

факультета вычислительной техники



Глотова Т.В.

(подпись)

(Ф.И.О.)

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

Учебный год	Решение кафедры (№ протокола, дата)	Внесенные изменения	Подпись зав. кафедрой