


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ С.А. ЕСЕНИНА»

Утверждаю:
Декан физико-математического
факультета

Н.Б. Федорова
«_30_» _августа_ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Уровень основной профессиональной образовательной программы: бакалавриат

Направление подготовки 44.03.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль): Информатика

Форма обучения: заочная

Сроки освоения ОПОП: нормативный (4,5 года)

Факультет (институт): физико-математический

Кафедра: Информатики, вычислительной техники и МПИ

Рязань, 2020 г.

ВВОДНАЯ ЧАСТЬ

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Компьютерное моделирование» является формирование у бакалавров компетенций в процессе изучения принципов, теоретических основ и программных средств моделирования систем с использованием ЭВМ для последующего применения в учебной и практической деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП БАКАЛАВРИАТА

2.1. Учебная дисциплина «Компьютерное моделирование» реализуется в рамках вариативной части (обязательная дисциплина) Блока 1.

2.2. Для изучения дисциплины «Компьютерное моделирование» необходимы следующие знания, умения, навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- «Математический анализ»
- «Программирование»
- «Теория вероятностей и математическая статистика»
- «Дискретная математика»
- «Математическая логика»

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения, навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- государственный экзамен,
- выпускная квалификационная работа

2.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы.

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих общекультурных (ОК) и профессиональных (ПК) компетенций:

№	Индекс компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения дисциплины «Компьютерное моделирование» обучающиеся должны:		
			Знать:	Уметь:	Владеть:
1	2	3	4	5	6
1	ПВК-1	Готов применять знания теоретической информатики, фундаментальной и прикладной математики для анализа и синтеза информационных систем и процессов	терминологию и задачи компьютерного моделирования, основные виды моделей, их возможности и сферы применения	использовать математические модели в аналитическом и имитационном моделировании различных объектов и процессов	навыками разработки и применения программных моделей, включая проведение экспериментов и обработку результатов
3	ПВК-2	Способен использовать математический аппарат, методологию программирования и современные компьютерные технологии для решения практических задач получения, хранения, обработки и передачи информации	основы математического анализа, дискретной математики, логики, теории вероятностей и математической статистики, алгоритмы обработки и анализа данных	применять алгоритмические языки и типовые структуры данных для разработки моделирующих программ	основными методами теории планирования эксперимента для проведения исследований компьютерных моделей

КАРТА КОМПЕТЕНЦИЙ ДИСЦИПЛИНЫ

НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ: КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Цель дисциплины	Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся общекультурных и профессиональных компетенций в процессе изучения принципов, теоретических основ и программных средств моделирования систем с использованием ЭВМ для последующего применения в учебной и практической деятельности.
------------------------	---

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие

Профессиональные вузовские компетенции

КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Уровни освоения компетенций
ИНДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
1	2	3	4	5	6
ПВК-1	Готов применять знания теоретической информатики, фундаментальной и прикладной математики для анализа и синтеза информационных систем и процессов	Знать терминологию и задачи компьютерного моделирования, основные виды моделей, их возможности и сферы применения. Уметь использовать математические модели в аналитическом и имитационном моделировании различных объектов и процессов. Владеть навыками разработки и применения программных моделей, включая проведение экспериментов и обработку результатов.	Проведение лекционных и лабораторных занятий, применение новых образовательных технологий, организация самостоятельной работы студентов	Лабораторная работа, экзамен	Пороговый Способен использовать терминологию предметной области, анализировать математические модели, использовать стандартные средства инструментальных систем моделирования Повышенный Способен самостоятельно разрабатывать математические модели при решении задач дисциплины
ПВК-2	Способен использовать математический аппарат, методологию программирования и современные компьютерные технологии для решения практических задач получения, хранения, обработки и передачи информации	Знать детерминированные и вероятностные, непрерывные и дискретные математические модели. Уметь использовать численные и аналитические методы для исследования математических моделей, включая метод Монте-Карло, как основу исследования вероятностных моделей. Владеть навыками применения инструментальных программных средств для разработки и исследования моделирующих программ.	Проведение лекционных и лабораторных занятий, применение новых образовательных технологий, организация самостоятельной работы студентов	Лабораторная работа, экзамен	Пороговый Способен применять стандартные программные системы моделирования для решения задач дисциплины Повышенный Способен разрабатывать моделирующие программы с использованием универсальных систем программирования

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
		8	9
1	2	3	4
1. Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебной деятельности) (всего)	18	14	4
В том числе:			
Лекции	8	6	2
Практические занятия (ПЗ), Семинары (С)	-	-	
Лабораторные работы	10	8	2
2. Самостоятельная работа студента (всего)	153	130	23
В том числе			
<i>СРС в семестре</i>	153	130	23
Изучение литературы и других источников	113	100	13
Подготовка к выполнению лабораторных работ	20	15	5
Подготовка к защите лабораторных работ	20	15	5
3. Контроль	9		9
Вид промежуточной аттестации			
-	Экзамен(Э)		+
	Зачет(З)		
ИТОГО: Общая трудоемкость			
	часов	180	144
	Зач.ед.	5	4
			1

Дисциплина частично реализуется с применением дистанционных образовательных технологий на платформе Moodle в ЭИОС РГУ имени С.А.Есенина

Л – лекции, ПЗ – практические занятия, ЛР – лабораторные работы; СР – самостоятельная работа студента.

2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание разделов учебной дисциплины

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела в дидактических единицах
1	2	3	4
8	1	Моделирование как метод научного познания	Понятия «модель» и «моделирование». Натурные (физические) и абстрактные (математические) модели. Абстрактные модели и их классификация. Основные требования к моделям. Адекватность модели. Основы системного подхода к моделированию. Принципы системного подхода. Объекты, их элементы и связи. Задачи моделирования. Анализ, синтез и оптимизация. Классификация моделей. Аналитические и алгоритмические, детерминированные и случайные (стохастические) модели. Динамические и статические модели. Типовые математические схемы моделирования. Непрерывно-детерминированные, дискретно-детерминированные, дискретно-стохастические, непрерывно-стохастические и обобщенные схемы. Виды моделирования в естественных и технических науках. Компьютерная модель. Имитационная модель. Информационная модель. Геометрическое моделирование и машинная графика. Средства трехмерного моделирования. Каркасное, поверхностное и твердотельное моделирование.
	2	Математические основы компьютерного моделирования	Элементы теории вероятностей. Случайная величина. Случайное событие. Закон распределения случайной величины. Вероятность события. Функция распределения. Плотность распределения. Числовые характеристики случайных величин. Законы распределения случайных величин. Равномерное, показательное и нормальное распределения. Распределение Пуассона. Поток событий. Центральная предельная теорема теории вероятностей. Элементы математической статистики. Упорядочение статистических данных. Статистическая функция распределения, гистограмма, полигон. Статистические оценки параметров распределения. Выравнивание статистических распределений. Проверка правдоподобия гипотез по критерию Пирсона. Оценка числовых характеристик случайной величины по ограниченному числу опытов.
	3	Вероятностное (статистическое) моделирование на ЭВМ	Модели массового обслуживания. Основные понятия систем массового обслуживания (СМО). Динамические и статические объекты. Заявки на обслуживание. Одноканальные и многоканальные обслуживающие устройства. СМО с отказами и СМО с очередями. Числовые характеристики процессов поступления заявок, их обслуживания и ожидания в очередях. Сети СМО. Разомкнутые и замкнутые сети СМО. Характеристики СМО и сетей СМО. Потоки заявок, дисциплины обслуживания заявок и работы с очередями. Приоритетное и беспriorитетное обслуживание. Прерывание обслуживания заявок. Метод статистических испытаний. Статистическое моделирование детерминированных и стохастических систем. Моделирование случайных воздействий. Генерация случайных чисел, равномерно распределенных в интервале (0, 1). Метод середины квадрата. Линейный конгруэнтный метод. Моделирование случайных событий. Моделирование дискретных и непрерывных случайных величин с заданным законом распределения. Метод обратных функций. Метод исключения

			(отбора). Моделирование случайных чисел с нормальным законом распределения. Моделирование случайных чисел с произвольным законом распределения (по эмпирическим данным). Моделирование случайных процессов (потоков событий).
9	4	Принципы построения имитационных моделей	Сущность имитационного моделирования. Элементы имитационной модели. Состояние, событие, датчики случайных чисел. Модельное время. Изменение и таймер модельного времени. Цепи текущих, будущих и задержанных событий. Инициализация модели и сбор статистических данных. Обобщенные алгоритмы имитационного моделирования. Алгоритм моделирования с постоянным приращением модельного времени. Алгоритм событийного моделирования. Моделирование параллельных процессов. Обработка одновременных событий. Пример разработки имитационной модели одноканальной СМО с очередью. Пример разработки имитационной модели биологической системы (задача о пшенице, мышах и кошках).
	5	Система имитационного моделирования GPSS	Назначение и общая характеристика общецелевой системы имитационного моделирования GPSS. Версии системы. Объекты языка GPSS. Стандартные числовые атрибуты (СЧА). Типы операторов языка GPSS. Исполняемые операторы (блоки), операторы описания и управляющие операторы. Формат операторов языка GPSS. Транзакты. Параметры транзактов. Общесистемные СЧА. Генерации, уничтожение и задержка транзактов в модели. Счетчик завершения. Способы завершения процесса моделирования в программах на языке GPSS. Описание объектов аппаратной категории и очередей. Обслуживающие приборы и накопители. Режимы работы обслуживающих приборов. Изменение маршрутов движения транзактов в моделях на языке GPSS. Циклы в программах на языке GPSS. Изменение приоритета и параметров транзактов. Вычислительные объекты языка GPSS. Переменные и функции. Объекты хранения. Сохраняемые величины и их матрицы. Сбор статистических данных в системе GPSS. Содержание стандартного отчета о прогоне модели. Сбор экспериментальных данных о законах распределения случайных величин. Таблицы языка GPSS. Группирующие объекты языка GPSS. Ансамбли транзактов и цепи пользователя. Логика работы интерпретатора GPSS. Организация таймера модельного времени. Цепи текущих и будущих событий. Фазы работы интерпретатора. Фаза просмотра цепи текущих событий. Фаза корректировки таймера. Фаза ввода модели. Изменение состояний цепей событий в процессе моделирования.
	6	Эксперименты с моделями	Задачи эксперимента. Стратегическое и тактическое планирование экспериментов с моделями. Пассивный и активный эксперимент. Факторы и параметры оптимизации. Целевая функции (функция отклика). Дисперсионный и регрессионный анализ. Уравнение регрессии. Планирование отсеивающих экспериментов. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Планирование оптимизирующих экспериментов с моделями. Организация имитационных экспериментов средствами системы моделирования GPSS World.

2.2. Разделы учебной дисциплины, виды учебной деятельности и формы контроля

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
			Л	ЛР	ПЗ	СРС	всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	1	Моделирование как метод научного познания	2	2	-	32	34	Текущий контроль: ЛР № 1
	2	Математические основы компьютерного моделирования	2	2	-	32	36	Текущий контроль: ЛР № 2
	3	Вероятностное (статистическое) моделирование на ЭВМ	2	2	-	28	34	Текущий контроль: ЛР № 3
	4	Принципы построения имитационных моделей	1	2	-	38	39	ЛР №4
9	5	Система имитационного моделирования GPSS	1	1	-	11	13	Текущий контроль: ЛР №5
	6	Эксперименты с моделями		1	-	12	13	Текущий контроль: ЛР № 6
		Разделы дисциплины 1-6				9	9	ПрАт экзамен
		ИТОГО	8	10		162	180	

2.3. Лабораторный практикум

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Всего часов
1	2	3	4	5
8	1	Моделирование как метод научного познания	Лабораторная работа № 1 Система автоматизации математических расчетов MathCAD. Возможности применения для разработки аналитических и имитационных моделей. Обработка результатов исследования моделей.	2
8	2	Математические основы компьютерного моделирования	Лабораторная работа № 2 Разработка и исследование датчика случайных чисел с нормальным законом распределения на основе центральной предельной теоремы теории вероятностей. Статистическая обработка последовательности случайных чисел.	2
8	3	Вероятностное (статистическое) моделирование на ЭВМ	Лабораторная работа № 3 Исследование метода статистических испытаний (Монте-Карло)	2

1	2	3	4	5
8	4	Принципы построения имитационных моделей	Лабораторная работа № 4 Разработка и исследование программных средств моделирования дискретной случайной величины	2
		Итого в 8 семестре		8
9	5	Система имитационного моделирования GPSS	Лабораторная работа № 5 Изучение основных возможностей системы моделирования GPSS на примере одноканальной системы массового обслуживания	1
9	6	Эксперименты с моделями	Лабораторная работа № 6 Проведение экспериментов с программными моделями в системе GPSS	1
		ИТОГО в 9 семестре		2
		ИТОГО		10

2.4. КУРСОВЫЕ РАБОТЫ не предусмотрены.

3. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТА

3.1. Виды СРС

№ семестра	№ раздела	Наименование раздела учебной дисциплины	Виды СРС	Всего часов
1	2	3	4	5
8	1	Моделирование как метод научного познания	Изучение литературы и других источников по теме Понятия «модель» и «моделирование». Натурные (физические) и абстрактные (математические) модели.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Основы системного подхода к моделированию. Принципы системного подхода.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Классификация моделей. Аналитические и алгоритмические, детерминированные и случайные (стохастические) модели. Динамические и статические модели.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Непрерывно-детерминированные, дискретно-детерминированные, дискретно-стохастические, непрерывно-стохастические и обобщенные схемы.	4
			Изучение литературы и других источников по теме Компьютерная модель. Имитационная модель. Информационная модель.	5
			Подготовка к выполнению лабораторной работы № 1	4
			Подготовка к защите лабораторной работы № 1	4
8	2	Математические основы компьютерного моделирования	Изучение литературы и других источников по теме Элементы теории вероятностей. Случайная величина. Случайное событие. Закон распределения случайной величины. Вероятность события. Функция распределения. Плотность распределения.	5

			Изучение литературы и других источников по теме Числовые характеристики случайных величин. Законы распределения случайных величин. Равномерное, показательное и нормальное распределения. Распределение Пуассона.	4
			Изучение литературы и других источников по теме Поток событий. Центральная предельная теорема теории вероятностей. Элементы математической статистики.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Статистическая функция распределения, гистограмма, полигон. Статистические оценки параметров распределения. Выравнивание статистических распределений.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Проверка правдоподобия гипотез по критерию Пирсона. Оценка числовых характеристик случайной величины по ограниченному числу опытов.	5
			Подготовка к выполнению лабораторной работы № 2	4
			Подготовка к защите лабораторной работы № 2	4
8	3	Вероятностное (статистическое) моделирование на ЭВМ	Изучение литературы и других источников по теме Модели массового обслуживания. Основные понятия систем массового обслуживания (СМО).	5
			Изучение литературы и других источников по теме Одноканальные и многоканальные обслуживающие устройства. СМО с отказами и СМО с очередями.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Метод статистических испытаний. Статистическое моделирование детерминированных и стохастических систем. Моделирование случайных воздействий.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Генерация случайных чисел, равномерно распределенных в интервале (0, 1). Метод середины квадрата. Линейный конгруэнтный метод. Моделирование случайных событий.	5
			Подготовка к выполнению лабораторной работы № 3	4
			Подготовка к защите лабораторной работы № 3	4
8	4	Принципы построения имитационных моделей	Изучение литературы и других источников по теме Сущность имитационного моделирования. Элементы имитационной модели.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Состояние, событие, датчики случайных чисел. Модельное время. Изменение и таймер модельного времени.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Цепи текущих, будущих и задержанных событий. Инициализация модели и сбор статистических данных.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Обобщенные алгоритмы имитационного моделирования. Алгоритм моделирования с постоянным приращением модельного времени. Алгоритм событийного моделирования.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Моделирование параллельных процессов.	5
			Изучение литературы и других источников по теме Обработка одновременных событий.	5
			Подготовка к выполнению лабораторной работы № 4	4
			Подготовка к защите лабораторной работы № 4	4
		Итого в 8 семестре		130

9	5	Система имитационного моделирования GPSS	Изучение литературы и других источников по теме Назначение и общая характеристика общецелевой системы имитационного моделирования GPSS. Версии системы. Объекты языка GPSS.	2
			Изучение литературы и других источников по теме Стандартные числовые атрибуты (СЧА). Типы операторов языка GPSS.	2
			Изучение литературы и других источников по теме Исполняемые операторы (блоки), операторы описания и управляющие операторы. Формат операторов языка GPSS.	1
			Изучение литературы и других источников по теме Транзакты. Параметры транзактов. Общесистемные СЧА. Генерации, уничтожение и задержка транзактов в модели.	1
			Изучение литературы и других источников по теме Описание объектов аппаратной категории и очередей.	1
			Изучение литературы и других источников по теме Обслуживающие приборы и накопители. Режимы работы обслуживающих приборов.	1
			Изучение литературы и других источников по теме Циклы в программах на языке GPSS. Изменение приоритета и параметров транзактов. Вычислительные объекты языка GPSS. Переменные и функции. Объекты хранения.	1
			Подготовка к выполнению лабораторной работы № 5	1
			Подготовка к защите лабораторной работы № 5	1
			9	6
Изучение литературы и других источников по теме Пассивный и активный эксперимент. Факторы и параметры оптимизации.	2			
Изучение литературы и других источников по теме Целевая функции (функция отклика).	2			
Изучение литературы и других источников по теме Дисперсионный и регрессионный анализ. Уравнение регрессии.	1			
Изучение литературы и других источников по теме Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент.	1			
Изучение литературы и других источников по теме Планирование оптимизирующих экспериментов с моделями.	1			
Изучение литературы и других источников по теме Организация имитационных экспериментов средствами системы моделирования GPSS World.	1			
Подготовка к выполнению лабораторной работы № 6	1			
Подготовка к защите лабораторной работы № 6	1			
		Итого в 9 семестре		
		ИТОГО		153

3.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Примеры задач для самостоятельного решения

Задача 1. В систему поступают заявки двух классов со средним интервалом между соседними заявками 0,2 с и 2 с соответственно. Определить *суммарную интенсивность* поступления заявок в систему. По какому *закону* распределены интервалы между заявками суммарного потока?

Задача 2. В систему поступают заявки трех классов со средним интервалом между соседними заявками 100 мс, 200 мс и 2 с соответственно. Определить *суммарную интенсивность* поступления заявок в систему. Чему равен *коэффициент вариации* интервалов между заявками суммарного потока?

Задача 3. В СМО поступают 2 класса заявок с интенсивностями 0,06 и 0,54 заявок в минуту, длительности обслуживания которых распределены по экспоненциальному закону со средними значениями 2 и 1 минут соответственно. а) По *какому закону* распределена длительность обслуживания заявок суммарного (объединенного) потока? б) Чему равна *средняя длительность обслуживания* заявок суммарного потока?

Задача 4. В одноканальную СМО поступают 2 простейших потока заявок со средними интервалами между заявками 10 и 5 секунд соответственно. Интенсивности обслуживания заявок соответственно 0,5 и 0,25 заявок в секунду. Чему будет равно *среднее время пребывания* заявок

1-го и 2-го классов при использовании беспriorитетной дисциплины?

Задача 5. Для системы М/М/1 определить значение *интенсивности обслуживания* заявок, при которой среднее время пребывания заявок в системе равно u при условии, что интенсивность входящего потока заявок равна λ .

Таблица

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
u, c	0,1	0,2	0,25	0,5	1,0	2,0	2,5	4,0	5,0	10,0
λ, c^{-1}	2,0	1,5	4,0	5,0	0,2	0,3	2,0	1,0	2,0	0,3

Задача 6. Для системы М/М/1 определить *среднюю длительность обслуживания* заявок, при которой среднее число заявок в системе в k раз больше среднего числа заявок в очереди при условии, что интенсивность входящего потока заявок равна λ .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0
λ, c^{-1}	1,0	0,1	0,2	0,5	0,25	2,0	0,5	1,0	0,25	0,4

Задача 7. Для системы М/М/1 определить *интенсивность поступления* заявок в систему, при которой среднее время ожидания заявок в k раз меньше среднего пребывания заявок в системе при условии, что интенсивность обслуживания заявок равна μ .

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	10,0
μ, c^{-1}	6,0	5,0	0,5	1,5	2,0	0,4	3,0	2,8	3,2	4,0

Задача 8. В одноканальную СМО поступают два простейших потока заявок, интенсивности которых связаны зависимостью $\lambda_2 = k\lambda_1$. При использовании приоритетной ДО время пребывания заявок 1-го класса по сравнению с БП ДО уменьшилось, а заявок 2-го класса – увеличилось на ту же величину. *При каких значениях k более высокий приоритет нужно назначать заявкам 1-го класса, чтобы суммарное число заявок в системе оказалась меньше, чем при ДО БП?*

Задача 9. В одноканальную СМО поступают 3 простейших потока заявок с одинаковыми интенсивностями. При использовании приоритетной ДО по сравнению с БП ДО время ожидания изменилось следующим образом: для заявок 1-го класса уменьшалось в 2 раза, для заявок 2-го класса не изменилось. *Во сколько раз изменилась суммарная длина очереди, если известно, что средняя длительность обслуживания заявок 3-го класса в три раза больше, чем заявок 1-го класса?*

Задача 10. В одноканальную СМО поступают 3 простейших потока заявок. При изменении ДО₁ на ДО₂ среднее время пребывания заявок 1-го класса уменьшилось, а заявок 3-го класса увеличилось на ту же величину, в то время как для заявок 2-го класса оно не изменилось. При переходе от ДО₁ к ДО₃ у заявок 1-го и 3-го классов время пребывания увеличилось на одну и ту же величину, а у заявок 2-го класса – уменьшилось на такую же величину. *Определить загрузки, создаваемые заявками каждого класса, если известно, что суммарная загрузка системы $R=0,8$. (Длительности обслуживания заявок распределены по экспоненциальному закону.)*

Задача 11. Длительность обслуживания заявок в одном приборе четырехканальной СМО равна 4 минуты. *Определить предельно допустимую интенсивность поступления заявок в систему, при которой в системе отсутствуют перегрузки.*

Задача 12. Интенсивность поступления заявок в СМО – 15 заявок в секунду, длительность обслуживания одной заявки – 5 секунд. *Определить число обслуживающих приборов, при котором в системе отсутствуют перегрузки.*

Задача 13. Заявки поступают в двухканальную СМО с интервалом 0,5 секунд, интенсивность обслуживания – 2 заявки в секунду, среднее время пребывания заявок в системе – 5 секунд. *Определить загрузку системы, среднюю длину очереди и число заявок в системе, среднее число параллельно работающих приборов.*

Задача 14. Заявки поступают в четырёхканальную СМО с интенсивностью 2 заявки в минуту, средняя длительность обслуживания заявок – 48 секунд, среднее время ожидания заявок – 3,2 минуты. Определить *загрузку* системы, *среднюю длину очереди* и *число заявок* в системе, *среднее число простаивающих приборов*.

Задача 15. В двухузловой замкнутой СеМО циркулирует 1 заявка. Определить во сколько раз *загрузка* узла 1 больше загрузки узла 2, если известно, что коэффициент простоя узла 1 равен 0,2.

Задача 16. В двухузловой замкнутой СеМО циркулирует 1 заявка. Определить *загрузку* узлов 1 и 2, если известно, что загрузка узла 1 в 4 раза больше, чем загрузка узла 2.

Задача 17. В двухузловой замкнутой СеМО циркулирует 1 заявка. Определить загрузку узлов 1 и 2, если известно, что среднее число заявок в узле 2 в 4 раза больше, чем в узле 1.

Задача 18. В замкнутой двухузловой СеМО циркулирует одна заявка, которая последовательно переходит из одного узла в другой. Интенсивности обслуживания заявок в узлах 1 и 2 сети одинаковы и равны $0,5 \text{ с}^{-1}$. Определить *производительность* замкнутой СеМО.

Задача 19. В замкнутой двухузловой СеМО циркулирует одна заявка, которая последовательно переходит из одного узла в другой. Длительность обслуживания в узлах распределена по экспоненциальному закону с одним и тем же средним значением, равным 5 секунд. По какому *закону* распределено время пребывания заявки в сети? Определить *производительность* замкнутой СеМО.

Задача 20. В одноканальную СМО с ограниченной ёмкостью E накопителя поступает поток заявок с интенсивностью λ . Длительность обслуживания заявок распределена по *закону Эрланга* (E_k) k -го порядка, *гипоэкспоненциальному* (h_2) закону 2-го порядка или по *гиперэкспоненциальному* (H_2) закону 2-го порядка со средним значением b и коэффициентом вариации ν .

Таблица 4.6

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Закон	E_4	H_2	E_2	H_2	h_2	h_2	H_2	H_2	h_2	H_2
ν	0,5	2	0,71	3	0,2	0,9	2	3	0,1	4

Указание. Порядок распределения Эрланга k и параметры гиперэкспоненциального распределения (q, t_1, t_2) определяются в соответствии со значением коэффициента вариации ν по формулам 16 и 17 раздела 1.

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

(см. Фонд оценочных средств)

4.2. Рейтинговая системы оценки знаний обучающихся по дисциплине (модулю)

Рейтинговая система не используется

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература

№	Авторы, наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	семестр	Количество экземпляров	
				В библиотеке	На кафедре
1	Акопов, А. С. Имитационное моделирование [Электронный ресурс] : учебник и практикум для академического бакалавриата / А. С. Акопов. – М. : Юрайт, 2017. – 389 с. – Режим доступа: https://www.biblio-online.ru/book/17ADD5FC-11D6-4BE7-8CBD-796A6C0F46B0 (дата обращения: 20.04.2020).	1-6	8,9	ЭБС	
2	Дубина, И. Н. Основы математического моделирования социально-экономических процессов [Электронный ресурс] : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / И. Н. Дубина. – М. : Юрайт, 2017. – 349 с. – Режим доступа: https://www.biblio-online.ru/adv-search/get?disciplines[]=7968 (дата обращения: 20.04.2020).	1-6	8,9	ЭБС	

5.2. Дополнительная литература

№	Авторы, наименование, место издания и издательство, год	Используется при изучении разделов	семестр	Количество экземпляров	
				В библиотеке	На кафедре
1	Королев, А. В. Экономико-математические методы и моделирование [Электронный ресурс] : учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / А. В. Королев. – М. : Юрайт, 2017. – 280 с. – Режим доступа: https://www.biblio-online.ru/book/6D79329C-E5ED-4CEC-B10E-144AE1F65E43 (дата обращения: 20.04.2020).	1-6	8,9	ЭБС	
2	Математическое моделирование экономических процессов и систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / О. А. Волгина [и др.]. – 3-е изд., стер. – Москва : КноРус, 2016. – 196 с. – Режим доступа: http://www.book.ru/book/918603 (дата обращения: 20.04.2020).		8,9	ЭБС	

	ния: 15.04.2016).				
3	Моделирование систем и процессов. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие для академического бакалавриата / В. Н. Волкова [и др.] ; под ред. В. Н. Волковой. – М. : Юрайт, 2017. – 295 с. – Режим доступа: https://www.biblio-online.ru/book/3DF77B78-AF0B-48EE-9781-D60364281651 (дата обращения: 20.04.2020).	1-6	8,9	ЭБС	
4	Рейзлин, В. И. Математическое моделирование [Электронный ресурс] : учебное пособие для магистратуры / В. И. Рейзлин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2017. – 126 с. – Режим доступа: https://www.biblio-online.ru/book/5133D74D-6E4F-40E0-B14B-4F90C0BC10C4 (дата обращения: 20.04.2020).	1-6	8,9	ЭБС	
5	Советов, Б. Я. Моделирование систем. Практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие для бакалавров / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2016. – 295 с. – Режим доступа: https://www.biblio-online.ru/book/FB9106FF-B389-43F5-8A5C-D4EA2C389D0E (дата обращения: 20.04.2020).	1-6	8,9	ЭБС	

5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. VOOR.ru [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://www.book.ru> (дата обращения: 15.04.2020).
2. East View [Электронный ресурс] : [база данных]. – Доступ к полным текстам статей научных журналов из сети РГУ имени С.А. Есенина. – Режим доступа: <http://dlib.eastview.com> (дата обращения: 15.04.2020).
3. Moodle [Электронный ресурс] : среда дистанционного обучения / Ряз. гос. ун-т. – Рязань, [Б.г.]. – Доступ, после регистрации из сети РГУ имени С.А. Есенина, из любой точки, имеющей доступ к Интернету. – Режим доступа: <http://e-learn2.rsu.edu.ru/moodle2> (дата обращения: 15.04.2020).
4. Znanium.com [Электронный ресурс] : [база данных]. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://znanium.com> (дата обращения: 15.04.2020).
5. «Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://e-lanbook.com> (дата обращения: 15.04.2020).
6. Университетская библиотека ONLINE [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru> (дата обращения: 15.04.2020).
7. Юрайт [Электронный ресурс] : электронная библиотека. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://www.biblio-online.ru> (дата обращения: 15.04.2020).
8. Труды преподавателей [Электронный ресурс] : коллекция // Электронная библиотека Научной библиотеки РГУ имени С.А. Есенина. – Доступ к полным текстам по паролю. – Режим доступа: <http://dspace.rsu.edu.ru/xmlui/handle/123456789/3> (дата обращения: 15.04.2020).

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимый для освоения дисциплины (модуля)

1. Allmath.ru [Электронный ресурс] : математический портал. – Режим доступа: <http://www.allmath.ru>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).
2. EXponenta.ru[Электронный ресурс] : образовательный математический сайт. – Режим доступа: <http://old.exponenta.ru/>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).
3. eLIBRARY.RU [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).
4. EqWorld. The World of Mathematical Equations [Электронный ресурс] : Международный научно-образовательный сайт. – Режим доступа: <http://eqworld.impnet.ru> , свободный (дата обращения: 15.05.2020).
5. Presentacya.ru [Электронный ресурс] : образовательный портал. – Режим доступа: <http://presentacya.ru/>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).
6. Библиотека методических материалов для учителя [Электронный ресурс] : – Режим доступа: <https://infourok.ru/biblioteka>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов [Электронный ресурс] : федеральный портал. – Режим доступа: <http://school-collection.edu.ru/>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).
8. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс] : федеральный портал. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).
9. КиберЛенинка [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).
10. Российский общеобразовательный портал [Электронный ресурс] : образовательный портал. – Режим доступа: <http://www.school.edu.ru/>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).
11. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов [Электронный ресурс] : Единое окно доступа к образовательным ресурсам. – Режим доступа: <http://fcior.edu.ru>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).
12. Физика, химия, математика студентам и школьникам [Электронный ресурс] : образовательный проект А.Н. Варгина. – Режим доступа: <http://www.ph4s.ru>, свободный (дата обращения: 15.05.2020).

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

6.1. Требования к аудиториям для проведения занятий:

- Класс персональных компьютеров под управлением MS Windows 10 или MS Windows 8, включенных в корпоративную сеть университета; мультимедиапроектор, подключенный к компьютеру под управлением MS Windows 10 или MS Windows 8, включенному в корпоративную сеть университета.

- Стандартно оборудованные лекционные аудитории с видеопроектором, настенным экраном.

6.2. Требования к оборудованию рабочих мест преподавателя и обучающихся:

- Ноутбук, проектор, персональные компьютеры с установленной ОС MS Windows 10 или MS Windows 8, пакет прикладных программ MS Office 10 или MS Office 13, Mathcad 14, GPSS Word

6.3. Требование к специализированному оборудованию:

Нет требований.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

(Заполняется только для стандарта ФГОС ВПО)

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Пример указаний по видам учебных занятий приведен в виде таблицы

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание следующим понятиям (<i>информация, защита информации, операционная система, программные средства</i>) и др.
Лабораторная работа	В соответствии с запланированным на самостоятельную работу временем (раздел 3.1) изучить соответствующий теоретический материал и практические рекомендации. В соответствии с запланированным на самостоятельную работу временем составить схемы алгоритмов и программы решения соответствующего варианта учебной задачи. Выполненные задания должны содержать короткие комментарии, отражающие тему и номер лабораторной работы, номер варианта, фамилию студента, а также комментарии, отражающие этапы решения задачи. Ввод с клавиатуры и вывод на монитор числовых данных должны сопровождаться краткими текстовыми сообщениями. Оформить отчет о лабораторной работе с указанием фамилии студента, номера лабораторной работы и номера варианта. Оформленная работа также должна содержать полный текст задания, тексты отлаженных на компьютере программ с комментариями по всем переменным. Защитить оформленную лабораторную работу, продемонстрировав теоретические и практические знания, умения и навыки по соответствующей теме, возможные варианты решения задачи. Перечень примерных контрольных заданий и вопросов для защиты лабораторных работ приведен в разделе 11
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, выполненные лабораторные работы, рекомендуемую литературу и др.

**9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО
ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ
СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
2. Использование слайд-презентаций при проведении лекционных и лабораторных занятий.
3. Класс персональных компьютеров под управлением ОС MS Windows 10 или MS Windows 8, включенных в корпоративную сеть университета.
4. Пакет прикладных программ MS Office 10 или MS Office 13, Mathcad 14, GPSS Word

**10. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ
УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

Стандартный набор ПО (в компьютерных классах):

Название ПО	№ лицензии
Операционная система Windows Pro	Договор №65/2019 от 02.10.2019
Антивирус Kaspersky Endpoint Security	Договор № 14-ЗК-2020 от 06.07.2020г.
Офисное приложение LibreOffice	Свободно распространяемое ПО
Архиватор 7-zip	Свободно распространяемое ПО
Браузер изображений Fast Stone Image Viewer	Свободно распространяемое ПО
PDFридер Foxit Reader	Свободно распространяемое ПО
Медиа проигрыватель VLCmediaplayer	Свободно распространяемое ПО
Запись дисков ImageBurn	Свободно распространяемое ПО
DJVU браузер DjVuBrowser Plug-in	Свободно распространяемое ПО
При реализации практики (установочной и итоговой конференции) с применением (частичным применением) дистанционных образовательных технологий используются:	
Набор веб-сервисов MS office 365	бесплатное ПО для учебных заведений https://www.microsoft.com/ru-ru/education/products/office
Вебинарная платформа Zoom ;	договор б/н от 10.10.2020г.
Система электронного обучения Moodle.	свободно распространяемое ПО

11. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Лабораторная работа № 1

Система автоматизации математических расчетов MathCAD.

Возможности применения для разработки аналитических и имитационных моделей.

Обработка результатов исследования моделей.

Цель работы – изучение методов решения уравнений и систем уравнений, решения задач оптимизации и использования элементов программирования в MathCAD.

Порядок выполнения работы

1. Изучите теоретический материал. Выполните в MathCAD решение всех примеров, встречающихся в тексте.
2. Выполните задание в соответствии с вашим вариантом. Номер варианта дается преподавателем.
3. Сформулируйте выводы по работе и ответьте на контрольные вопросы.

Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Результаты выполнения практического задания.
4. Выводы по работе.

Задание

Вариант 1

1) Решите уравнение $x^3 - 5x + 4 = 0$.

2) Решите систему уравнений

$$\begin{cases} y = \sin x; \\ y = x + 3 \end{cases}$$

3) Найдите максимум функции $f(x, y) = x^2 y$ при ограничениях:

$$\begin{cases} 3x + 2y \leq 15; \\ x \geq 0; \\ y \geq 0. \end{cases}$$

4) Постройте график функции

$$y(x) = \begin{cases} x & x < 0; \\ \sin x & 0 \leq x < \pi; \\ 0 & \pi \leq x \end{cases}$$

Вариант 2

1) Решите уравнение $x^3 + 2x^2 - 10x = 0$.

2) Решите систему уравнений

$$\begin{cases} x = y^2; \\ x + y = 1 \end{cases}$$

3) Найдите максимум функции $f(x, y) = x \cdot \sin y$ при ограничениях:

$$\begin{cases} x + y \leq 10; \\ x \geq 0; \\ y \geq 0. \end{cases}$$

4) Постройте график функции

$$y(x) = \begin{cases} 0 & x < 0; \\ 1 & 0 \leq x < 1; \\ 0 & 1 \leq x \end{cases}$$

Вариант 3

1) Решите уравнение $-x^3 + 2x^2 - 1 = 0$.

2) Решите систему уравнений

$$\begin{cases} y = x^3; \\ 2x + y = 10 \end{cases}$$

3) Найдите максимум функции $f(x, y) = y - \frac{x^2}{10}$ при ограничениях:

$$\begin{cases} x + y^2 \leq 10; \\ x \geq 0; \\ y \geq 0. \end{cases}$$

4) Постройте график функции

$$y(x) = \begin{cases} 0 & x < 0; \\ e^{-x} & x \geq 0 \end{cases}$$

Вариант 4

1) Решите уравнение $x^3 + x^2 - x + 1 = 0$.

2) Решите систему уравнений

$$\begin{cases} x = e^y; \\ x + y = 5 \end{cases}$$

3) Найдите максимум функции $f(x, y) = \sin y - \frac{x}{2}$ при ограничениях:

$$\begin{cases} x^3 + y^3 \leq 10; \\ x \geq 0; \\ y \geq 0. \end{cases}$$

4) Постройте график функции

$$y(x) = \begin{cases} 0 & x < 0; \\ 1 & x \geq 0. \end{cases}$$

Вариант 5

1) Решите уравнение $x^3 - 7x + 11 = 0$.

2) Решите систему уравнений

$$\begin{cases} y = |x|; \\ y + x^2 = 2. \end{cases}$$

3) Найдите максимум функции $f(x, y) = (\sin x)^2 + |y|$ при ограничениях:

$$\begin{cases} x^3 + y \leq 25; \\ x \geq 0; \\ y \geq 0. \end{cases}$$

4) Постройте график функции

$$y(x) = \begin{cases} x^2 - 4 & x < -2; \\ 0 & -2 \leq x \leq 2; \\ 4 - x^2 & 2 < x \end{cases}$$

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначена и каким образом используется в MathCAD функция root?
2. Как в MathCAD находятся корни полиномов?
3. Как в MathCAD решаются системы нелинейных уравнений?
4. Как в MathCAD находится решение задач оптимизации?
5. Каким образом в MathCAD выполняется обработка сложных условий при анализе данных?
6. Как в MathCAD реализуются циклические алгоритмы?

Лабораторная работа № 2

Разработка и исследование датчика случайных чисел с нормальным законом распределения на основе центральной предельной теоремы теории вероятностей.

Статистическая обработка последовательности случайных чисел.

В задачах моделирования на ЭВМ нормальное распределение случайных чисел часто получают суммированием 6 или более независимых случайных величин, равномерно распределенных на участке (0;1).

1. Разработать программу, которая формирует 50 случайных чисел

$$x_1, x_2, \dots, x_{50}$$

и сохраняет их в файле для последующего анализа. Каждое число x_i определяется как сумма s независимых случайных величин, равномерно распределенных на участке (0; 1).

Замечание. Величина s задается преподавателем и может принимать значения $s = 5, 6, 7, \dots, 10$.

2. Выполнить статистическую обработку полученных данных.

2.1. Построить гистограмму и полигон.

Число интервалов определяется по формуле $k \approx 1 + 3,2 \lg n$, где $n = 50$. Длина интервала $\Delta = (x_{\max} - x_{\min})/k$, причем значения x_{\min} и x_{\max} должны располагаться в середине первого и последнего интервалов соответственно.

2.2. Определить оценки математического ожидания и дисперсии.

2.3. Построить выравнивающую кривую распределения (по нормальному закону) сравнить ее с гистограммой (полигоном).

3. Определить соответствие экспериментальных данных (гистограммы) и выравнивающей кривой по критерию χ^2 Пирсона.

Замечание. Уровень значимости α задается преподавателем.

Значения χ^2 критерия Пирсона

Число степеней свободы	Уровень значимости (вероятность α)												
	0,99	0,98	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01
1	0,00	0,00	0,00	0,02	0,06	0,15	0,45	1,07	1,64	2,71	3,84	5,41	6,64
2	0,02	0,04	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	7,82	9,21
3	0,11	0,18	0,35	0,58	1,00	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	9,84	11,3
4	0,30	0,43	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	11,7	13,3
5	0,55	0,75	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,1	13,4	15,1
6	0,87	1,13	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,6	12,6	15,0	16,8
7	1,24	1,56	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,0	14,1	16,6	18,5
8	1,65	2,03	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,0	13,4	15,5	18,2	20,1
9	2,09	2,53	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,7	12,2	14,7	16,9	19,7	21,7
10	2,56	3,06	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,8	13,4	16,0	18,3	21,2	23,2
11	3,05	3,61	4,58	5,58	6,99	8,15	10,3	12,9	14,6	17,3	19,7	22,6	24,7
12	3,57	4,18	5,23	6,30	7,81	9,03	11,3	14,0	15,8	18,5	21,0	24,1	26,2
13	4,11	4,76	5,89	7,04	8,63	9,93	12,3	15,1	17,0	19,8	22,4	25,5	27,7
14	4,66	5,37	6,57	7,79	9,47	10,8	13,3	16,2	18,1	21,1	23,7	26,9	29,1
15	5,23	5,98	7,26	8,55	10,3	11,7	14,3	17,3	19,3	22,3	25,0	28,3	30,6

Лабораторная работа № 3

Исследование метода статистических испытаний (Монте-Карло)

1. Составить программу вычисления определенного интеграла

$$I = \int_a^b f(x) dx,$$

где $f(x) > 0$ для $a \leq x \leq b$.

Использовать следующий алгоритм.

1) получить два случайных числа z_1 и z_2 , равномерно распределенных в интервале (0; 1), от встроенного датчика случайных чисел;

2) преобразовать эти числа по формулам:

$$z_1^* = a + (b - a) z_1; \quad z_2^* = M z_2, \quad \text{где } M = \max_{a \leq x \leq b} f(x).$$

Замечание. Значение M определяется приближенно с использованием пакета MathCAD;

3) проверить условие

$$z_2^* \leq f(z_1^*); \quad (1)$$

4) выполнить N испытаний (повторять шаги 1-3) подсчитать их количество n , удовлетворяющих условию (1);

5) определить приближенное значение

$$I \approx S \frac{n}{N},$$

где $S = (b - a)M$ – площадь прямоугольника, ограничивающего график функции $f(x)$ на отрезке $[a, b]$.

2. Выполнить серию экспериментов для

$$N = 100, 500, 1000, 5000, 10000.$$

Для каждого значения N получить 5 результатов и их среднее значение. Оценить погрешность и заполнить следующую таблицу.

Номер прогона	Число испытаний N				
	100	500	1000	5000	10000
1					
2					
3					
4					
5					
Среднее					
Погрешность					

Замечание. Точное значение I для оценки погрешности вычислить с использованием пакета MathCAD.

Варианты заданий

Вариант	Функция $f(x)$	Отрезок $[a, b]$
1	$-(x - 5)^2 + 8x + 20$	[1; 16]
2	$-x^2 + 10,6x + 1,7$	[4; 10]
3	$-(0,5x)^3 + 25x$	[6; 10]
4	$2,5\cos(0,8x + 1)$	[5; 8]
5	$1,8\sin(3x + 1)$	[6; 7]
6	$2,5\sin(-2x + 12)$	[1,5; 2,8]
7	$5\sin(2x) - x^2 + 30$	[-5; 4]
8	$5\cos(x + 4) - x^2 + 25$	[-5; 4]

Лабораторная работа № 4

Разработка и исследование программных средств моделирования дискретной случайной величины

1. Разработать подпрограмму датчика случайных чисел, которая при каждом обращении обеспечивает формирование одного случайного числа с законом распределения, заданным следующей таблицей.

Возможное значение	x_1	x_2	...	x_k
Вероятность появления	p_1	p_2	...	p_k

Значение $k \geq 2$ и соответствующие величины x_i, p_i ($i = 1, 2, \dots, k$) должны задаваться в качестве исходных данных. При этом должно выполняться условие $p_1 + p_2 + \dots + p_k = 1$.

2. Разработать программу исследования датчика случайных чисел, которая выполняет серию из N обращений к датчику и подсчитывает частоты $p_i^* = n_i / N$ появления соответствующих значений x_i ($i = 1, 2, \dots, k$), где n_i – количество появлений случайной величины x_i в N опытах.

3. Исследовать разработанный датчик случайных чисел и заполнить следующую таблицу.

Число опытов N	Частоты p_i^* появления значений			
	x_1	x_2	...	x_k
100				
500				
1000				
5000				
10000				

Для генерации случайных чисел использовать следующий алгоритм:

1) разбить единичный интервал $(0; 1)$ на k участков $(l_{i-1}; l_i)$ с длиной p_i ($i = 1, 2, \dots, k$).

Границы этих участков:

$$l_0 = 0; l_1 = p_1; l_2 = p_1 + p_2; \dots; l_{k-1} = p_1 + p_2 + \dots + p_{k-1}; l_k = p_1 + p_2 + \dots + p_k = 1;$$

2) получить случайное число z , равномерно распределенное в интервале $(0; 1)$, от встроенного датчика случайных чисел;

3) если $l_0 \leq z \leq l_1$, то вернуть число x_1 ,

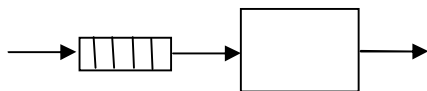
если $l_{i-1} < z \leq l_i$, то вернуть число x_i ($i = 2, 3, \dots, k$);

4) повторять п. 2, 3 необходимое число раз (N опытов).

Лабораторная работа № 5-6

Изучение основных возможностей системы моделирования GPSS
на примере одноканальной системы массового обслуживания
Проведение экспериментов с программными моделями в системе GPSS

Исследование одноканальной системы массового обслуживания с неограниченной очередью



Параметры функционирования системы:

T – интервал поступления заявок (задается операндами A и B оператора GENERATE); τ – время обслуживания заявки (задается операндами A и B оператора ADVANCE); N – число обслуженных заявок.

Порядок выполнения задания

1. Выбрать в соответствии с вариантом задания исходные данные (количество заявок N , значения операндов A операторов GENERATE и ADVANCE).
2. Построить временные диаграммы функционирования системы:
 - поступления заявок;
 - обслуживания заявок в приборе;
 - состояния очереди.
3. Определить или вычислить:
 - длительность обслуживания N заявок;
 - максимальную длину очереди;
 - среднюю длину очереди;
 - среднее время ожидания заявки в очереди;
 - среднее время ожидания заявки в очереди без учета «нулевых» входов;
 - коэффициент загрузки прибора.
4. Составить программу моделирования на языке GPSS и выполнить прогон модели для выбранных детерминированных параметров. Сравнить полученные результаты.
5. Изучить содержание стандартного отчета GPSS.
6. Ввести в программу моделирования сегмент таймера (время моделирования задается в исходных данных) и определить основные характеристики очереди.
7. Изменить программу и ввести случайные значения T и τ в соответствии с заданием (использовать операнды B операторов GENERATE и ADVANCE). Выполнить прогон модели и оценить изменения режимов работы системы по сравнению с детерминированными значениями T и τ .

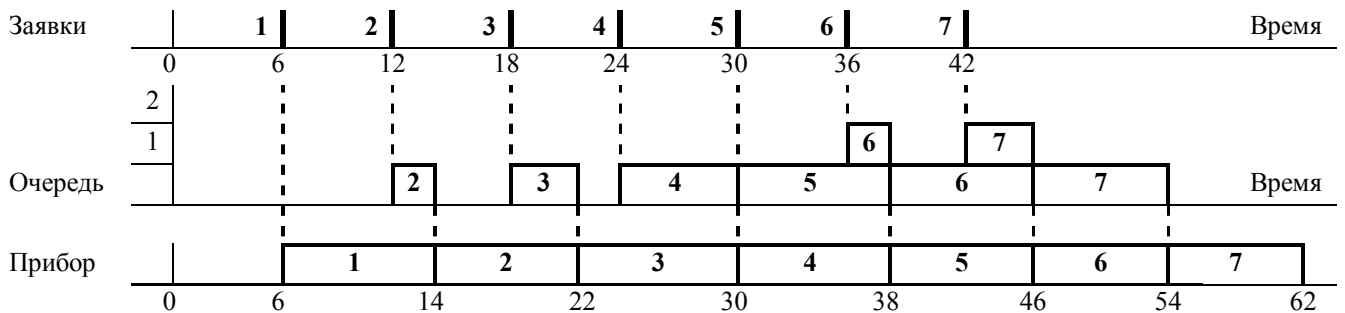
Варианты заданий

Вариант	Интервал T		Время τ		Число заявок N	Время моделирования
	A	B	A	B		
1	5	2	8	2	7	120
2	7	3	10	4	6	140
3	8	2	11	3	7	180
4	8	3	10	5	6	150
5	7	2	9	3	6	100
6	5	3	7	2	7	130
7	10	4	12	5	5	160
8	11	5	13	4	5	110
9	9	3	12	4	6	150

10	10	3	12	3	5	200
11	7	3	9	5	6	170
12	8	4	11	4	6	180

Пример выполнения задания (пункты 2, 3)

Пусть $T = 6$, $\tau = 8$, $N = 7$. Тогда временные диаграммы будут иметь следующий вид.



Непосредственно по полученной диаграмме можно определить:

- длительность обслуживания 7 заявок составляет 62 ед. времени;
- максимальная длина очереди равна 2;

Далее вычислим следующие характеристики.

1) средняя длина очереди

$$(0 \cdot 26 + 1 \cdot 30 + 2 \cdot 6) / 62 = 0,677;$$

2) среднее время ожидания заявки в очереди

$$(0 + 2 + 4 + 6 + 8 + 10 + 12) / 7 = 6;$$

3) среднее время ожидания заявки в очереди без учета «нулевых» входов

$$(2 + 4 + 6 + 8 + 10 + 12) / 6 = 7;$$

4) коэффициент загрузки прибора

$$(8 \cdot 7) / 62 = 0,903.$$

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина»

Утверждаю:

Декан физико-математического
факультета

 Н.Б. Федорова

«_30_» _августа_2020 г.

Аннотация рабочей программы дисциплины (модуля)
«Компьютерное моделирование»

Направление подготовки
44.03.01 Педагогическое образование

Направленность (профиль)
Информатика

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Рязань 2020

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Компьютерное моделирование» является формирование у бакалавров компетенций в процессе изучения принципов, теоретических основ и программных средств моделирования систем с использованием ЭВМ для последующего применения в учебной и практической деятельности.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится вариативной части Блока 1 (обязательные дисциплины). Дисциплина изучается на 4 и 5 курсе (8, 9 семестры).

3. Трудоемкость дисциплины: 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Индекс компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения дисциплины «Компьютерное моделирование» обучающиеся должны:		
		Знать:	Уметь:	Владеть:
2	3	4	5	6
П ВК-1	Готов применять знания теоретической информатики, фундаментальной и прикладной математики для анализа и синтеза информационных систем и процессов	терминологию и задачи компьютерного моделирования, основные виды моделей, их возможности и сферы применения	использовать математические модели в аналитическом и имитационном моделировании различных объектов и процессов	навыками работы и применения программных моделей, включая проведение экспериментов и обработку результатов
П ВК-2	Способен использовать математический аппарат, методологию программирования и современные компьютерные технологии для решения практических задач получения, хранения, обработки и передачи информации	основы математического анализа, дискретной математики, логики, теории вероятностей и математической статистики, алгоритмы обработки и анализа данных	применять алгоритмические языки и типовые структуры данных для разработки моделирующих программ	основными методами теории планирования эксперимента для проведения исследований компьютерных моделей

5. Форма промежуточной аттестации и семестр (ы) прохождения экзамен (9 семестр).

Дисциплина реализуется частично с применением дистанционных образовательных технологий.