Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»

Кафедра информационных и управляющих систем

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Основной образовательной программы направления подготовки 230100.68 «Информатика и вычислительная техника»

Благовещенск 2012 г.

УМКД разработан канд. техн. наук, доцентом Чепак Ларисой Владимировной

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры

Протокол заседания кафедры от «___» ___________ 201_ г. №___

Зав. кафедрой ______________ / А.В. Бушманов /

УТВЕРЖДЕН

Протокол заседания УМС направления подготовки 230100.68 «Информатика и вычислительная техника»

от «___» ___________ 201_ г. №___

Председатель УМС ______________ / В.В. Еремина /

СОДЕРЖАНИЕ

1 РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Организация и технология проектирования систем моделирования» занимает важное место в системе образования в области современных информационных технологий. Цель освоения дисциплины – изучить фундаментальные основы теории моделирования, ключевые подходы к моделированию различных процессов, основные понятия компьютерной имитации, а также освоить методы построения, классификации и анализа математических моделей, проектируемых с помощью вычислительной техники систем.

По завершению курса обучаемые должны приобрести устойчивые навыки и умения, позволяющие выполнять формализацию описания исследуемой системы, необходимые математические преобразования ее модели, а также эффективно решать практические задачи проектирования моделей процессов и явлений, анализировать характеристики проектируемых систем.

1.2 Место дисциплины в структуре ООП ВПО

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору цикла специальных дисциплин вариативной части общенаучного цикла СД(М).В1 Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 230100.68 «Информатика и вычислительная техника» (степень «магистр»).

Для успешного освоения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения дисциплин базовой части математического и естественно-научного цикла (Б.2) Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 230100.68 «Информатика и вычислительная техника» (степень «бакалавр»): математический анализ, теория вероятностей и математическая статистика, дискретная математика; дисциплин профессионального цикла (Б.3): информационные технологии, основы теории управления, моделирование систем.

Знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения данной дисциплины необходимы для освоения дисциплин базовой и вариативной части профессионального цикла (М.2) Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 230100.68 «Информатика и вычислительная техника» (степень «магистр»), а также прохождения научно-исследовательской практики и выполнения научно-исследовательской работы (М.3).

1.3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1) Знать: последовательность и содержание этапов проектирования систем моделирования; основные типы моделей систем; инструментальные средства моделирования систем; методы обработки и анализа результатов моделирования.

2) Уметь: применять современную методологию для построения моделей систем; решать прикладные задачи с помощью сред визуального моделирования; выбирать методики решения и построения алгоритма задачи; давать полный анализ результатов решения; оценивать границы применимости выбранной модели.

3) Владеть: основными принципами моделирования; технологиями построения моделей; навыками проведения вычислительных экспериментов.

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень (ОК- 1);

способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности (ОК- 2);

способность применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий (ПК-1);

выбирать методы и разрабатывать алгоритмы решения задач управления и проектирования объектов автоматизации (ПК-5).

1.4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах				Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
				Лек	Пр	Лаб	Сам	
1	Инструментальные средства моделирования систем.	9	1-4	0	0	4	10	Защита лаб. работы
			5-8	0	0	4	10	Защита лаб. работы
			9-12	0	0	4	10	Защита лаб. работы
2	Планирование и выполнение вычислительного эксперимента	9	13-16	0	0	4	10	Защита лаб. работы
			17-18	0	0	2	14	Защита лаб. работы
3	Итого	9	1-18	0	0	18	54	Зачет
4	Свойства и построение моделей систем	А	1-4	0	4	0	10	Проверка домашнего задания
			5-8	0	4	0	10	Проверка домашнего задания, контрольная работа
5	Схемы систем моделирования	А	9-12	0	4	0	10	Проверка домашнего задания
			13-16	0	4	0	10	Проверка домашнего задания
			17-18	0	2	0	14	Проверка домашнего задания, контрольная работа
6	Итого	А	1-18	0	18	0	54	Зачет
7	Всего по разделам	9, А	36	0	18	18	108	144

1.5 Содержание разделов и тем дисциплины

1.5.1 Лабораторные занятия

1.5.1.1 Лабораторная работа 1. Обработка экспериментальных данных. Интерполирование функций.

1.5.1.2 Лабораторная работа 2. Обработка экспериментальных данных. Метод наименьших квадратов.

1.5.1.3 Лабораторная работа 3. Динамические модели, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями.

1.5.1.4 Лабораторная работа 4. Динамические модели, описываемые уравнениями в частных производных.

1.5.1.5 Лабораторная работа 5. Планирование модельного эксперимента при проведении оценки эффективности систем.

1.5.1.6 Лабораторная работа 6. Моделирование и оценка эффективности систем передачи информации.

1.5.1.7 Лабораторная работа 7. Моделирование систем массового обслуживания.

1.5.2 Практические занятия

1.5.2.1 Практическое занятие 1. Классификация математических моделей. Классификация моделей систем.

1.5.2.2 Практическое занятие 2. Концептуальная и математическая постановка задачи моделирования. Методы построения вычислительного алгоритма. Анализ чувствительности, идентификация моделей. Методы оценки адекватности и точности моделей.

1.5.2.3 Практическое занятие 3. Математические схемы моделирования систем. Непрерывно-детерминированные модели. Непрерывно-стохастические модели.

1.5.2.4 Практическое занятие 4. Дискретно-детерминированные модели. Дискретно-стохастические модели. Сетевые модели. Комбинированные модели.

1.5.2.5 Практическое занятие 5. Статические и динамические модели. Примеры. Дискретные и непрерывные модели. Примеры. Модели состояния динамических систем. Стохастические модели. Нечеткие модели.

1.6 Самостоятельная работа

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в часах
1	Инструментальные средства моделирования систем.	Выполнение пяти лабораторных работ, оформление отчетов.	30
2	Планирование и выполнение вычислительного эксперимента	Выполнение двух лабораторных работ, оформление отчетов, подготовка к сдаче зачета	24
3	Свойства и построение моделей систем	Выполнение домашних заданий, подготовка к контрольной работе	30
4	Схемы систем моделирования	Выполнение домашних заданий, подготовка к контрольной работе подготовка к сдаче зачета	24

1.7 Матрица компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Компетенции				Общее кол-во компетенций
		ОК1	ОК2	ПК1	ПК5	
1	Свойства и построение моделей систем	+	+			2
2	Схемы систем моделирования	+	+			2
3	Инструментальные средства моделирования систем.		+	+	+	3
4	Планирование и выполнение вычислительного эксперимента		+	+	+	3

1.8 Образовательные технологии

Образовательный процесс по дисциплине строится на основе комбинации следующих образовательных технологий: защита лабораторных работ № 1 – 4 происходит в виде устной беседы по подготовленному студентом индивидуальному отчету, защита лабораторных работ № 5 – 7 осуществляется в виде презентаций; на практических занятиях применяется коллективное обсуждение возможности применения того или иного метода для решения задачи. С целью текущего контроля знаний на практических занятиях проводятся контрольные работы. Студентам предлагается осуществлять взаимную проверку результатов выполнения данных контрольных работ с обсуждением оценок, выставляемых студентами.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме согласно требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 230100.68 «Информатика и вычислительная техника» (степень «магистр») должен составлять не менее 7.2 часов аудиторных занятий:

№ п/п	Раздел дисциплины	Форма (вид) образовательных технологий	Количество часов
1	Инструментальные средства моделирования систем	Беседа по лабораторным работам № 1 – 4, анализ и оценка презентаций по лабораторной работе № 5	6
2	Планирование и выполнение вычислительного эксперимента	Анализ и оценка презентаций по лабораторным работам № 6, 7	2
3	Свойства и построение моделей систем	Контрольная работа	2
4	Схемы систем моделирования	Контрольная работа	2
5	Всего по разделам		12

1.9 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

1.9.1 Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

1.9.1.1 Контрольные вопросы допуска к выполнению лабораторных работ

1.9.1.2 Отчеты о выполнении индивидуальных вариантов заданий лабораторных работ

1.9.2 Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету (9 семестр):

1.9.2.1.Предмет теории моделирования. Моделирование как универсальный метод проектирования и исследования систем. Состояние и перспективы развития математического моделирования.

1.9.2.2. Основы систематизации языков имитационного моделирования.

1.9.2.3. Сравнительный анализ языков имитационного моделирования.

1.9.2.4. Пакеты прикладных программ, применяемые для моделирования систем.

1.9.2.5. Гибридные моделирующие комплексы.

1.9.2.6. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Этапы вычислительного эксперимента.

1.9.2.7. Реализация моделей в виде программы для ЭВМ. Проверка адекватности модели.

1.9.2.8. Практическое использование построенной модели и анализ результатов моделирования.

1.9.2.9. Статистическая обработка результатов моделирования систем на ЭВМ.

1.9.2.10. Анализ и интерпретация результатов имитационного моделирования.

1.9.2.11. Обработка результатов машинного эксперимента при синтезе систем.

1.9.2.12. Основные понятия планирования машинных экспериментов.

1.9.2.13. Дисперсионные и факторные эксперименты.

1.9.2.14. Полный факторный эксперимент и дробные реплики. Ортогональные планы.

1.9.2.15. Стратегическое и тактическое планирование эксперимента в имитационном моделировании.

1.9.2.16. Методы сокращения затрат при имитационном моделировании.

1.9.3 Оценочные средства для промежуточной аттестации

Вопросы к зачету (А семестр):

1.9.3.1. Свойства моделей и цели моделирования.

1.9.3.2. Классификация моделей систем.

1.9.3.3. Материальное, идеальное, когнитивное, концептуальное и формальное моделирование.

1.9.3.4. Классификационные признаки: сложность объектов моделирования, оператор модели, параметры модели, цели и задачи моделирования, методы реализации.

1.9.3.5. Понятие системы. Принципы построения математических моделей систем.

1.9.3.6. Концептуальная и математическая постановка задачи моделирования.

1.9.3.7. Методы построения вычислительного алгоритма.

1.9.3.8. Анализ чувствительности, идентификация моделей.

1.9.3.9. Методы оценки адекватности и точности моделей.

1.9.3.10. Математические схемы моделирования систем: основные подходы к построению моделей.

1.9.3.11. Непрерывно-детерминированные модели.

1.9.3.12. Дискретно-детерминированные модели.

1.9.3.13. Дискретно-стохастические модели.

1.9.3.14. Непрерывно-стохастические модели.

1.9.3.15. Сетевые модели.

1.9.3.16. Комбинированные модели.

1.9.3.17. Статические и динамические модели.

1.9.3.18. Дискретные и непрерывные модели.

1.9.3.19. Модели состояния динамических систем.

1.9.3.20. Нечеткие модели.

1.9.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

1.9.4.1 Карточки с заданиями и методическими указаниями по выполнению лабораторных работ.

1.9.4.2 Карточки с заданиями по выполнению контрольных работ.

1.9.4.3 СТО СМК 4.2.3.05-2011. Стандарт ФГБОУВПО «АмГУ». Оформление выпускных квалификационных и курсовых работ (проектов), 2011. – 95 с.

1.10 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1.10.1 Моделирование систем: учеб.: рек. Мин. обр. РФ / С. И. Дворецкий и др. - М. : Академия, 2009. - 317 с.

1.10.2 Пащенко Ф. Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем: в 2 ч.: учеб. пособие: рек. УМО / Ф. Ф. Пащенко. - М. : Финансы и статистика, 2007. - Ч. 2 : Идентификация нелинейных систем. - 2007. - 288 с.

1.10.3 Советов Б. Я. Моделирование систем: учеб.: рек. Мин. обр. РФ / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. - 5-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2007. - 344 с.

б) дополнительная литература:

1.10.4 Кацко И. А. Практикум по анализу данных на компьютере: учеб.-практ. пособие : рек. УМО / И.А. Кацко, Н.Б. Паклин. - М. : КолосС, 2009. - 279 с.

1.10.5 Пащенко Ф. Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем: в 2 ч.: учеб. пособие: рек. УМО / Ф. Ф. Пащенко. - М. : Финансы и статистика, 2006. - Ч. 1 : Математические основы моделирования систем. - 2006. - 328 с.

1.10.6 Советов Б. Я. Моделирование систем : практикум: учеб. пособие : доп. Мин. обр. РФ / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. - 4-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2009. - 296 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1.10.7 Свободно распространяемые версии математического пакета (MatLAB).

1.10.8 Microsoft Power Point

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iqlib.ru	Интернет библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знаний.

2	http://www.biblioclub.ru	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека – online»: специализируется на учебных материалах для ВУЗов по научно-гуманитарной тематике, а также содержит материалы по точным и естественным наукам.

1.11 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1.11.1 Лаборатории, оборудованные рабочими местами пользователей ЭВМ.

1.11.2 Аудитория, оборудованная мультимедийными средствами и доской.

1.12 Рейтинговая оценка знаний студентов по дисциплине

Семестровые модули дисциплины						
№ п/п	Раздел дисциплины	Виды контроля	Сроки выполнения (недели)	Максимальное кол-во баллов	Посещение, активность на практических занятиях	Максимальное кол-во баллов за модуль
1	Инструментальные средства моделирования систем.	Сдача лабораторных работ № 1 – 5	1-12	28	12	40
2	Планирование и выполнение вычислительного эксперимента	Сдача лабораторных работ № 6 – 7	13-18	14	6	20
3	Промежуточная аттестация	Зачет				40
4	Итого по семестру 9		1-18			100
5	Свойства и построение моделей систем	Контрольная работа № 1	1-12	18	18	36
6	Схемы систем моделирования	Контрольная работа № 2	13-18	15	9	24
7	Промежуточная аттестация	Зачет				40
8	Итого по семестру А		1-18			100

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

2.1 Методические указания по изучению дисциплины

Для оптимальной организации изучения дисциплины студентам рекомендуется следовать следующим методическим указаниям.

Студенты обязаны присутствовать на занятиях и выполнять все предусмотренные учебно-методическим комплексом дисциплины формы учебной работы; проходить промежуточный и итоговый контроль в виде защит лабораторных работ и написания контрольных работ, аттестации в форме письменного опроса; сдачи зачета в предлагаемой преподавателем форме.

Дисциплина «Организация и технология проектирования систем моделирования» изучается студентами в двух семестрах обучения: 9 и А. Курс предусматривает 18 часов лабораторных занятий в семестре 9 и 18 часов практических занятий в семестре А. В каждом семестре предусмотрен зачет. На самостоятельную работу студентов отводится 108 часов.

Практические и лабораторные работы направлены на закрепление теоретического материала на практическом уровне и предусматривают программную реализацию математических моделей по вариантам индивидуальных заданий. По каждой лабораторной работе оформляется отчет и преподавателем осуществляется опрос по теме лабораторной работы и ходу ее выполнения. Для выполнения лабораторной работы необходимо освоить теоретические основы соответствующего раздела, составить блок-схему вычислительного эксперимента, описать все этапы моделирования, включая вопросы проведения контрольных проверок, выполнить программную реализацию, протестировать эксперимент на контрольном примере для установления адекватности модели и верификации данных моделирования, привести качественную и/или количественную оценку погрешности результата, сравнить с допустимой погрешностью, оформить отчет по работе. При возникновении проблемных ситуаций в ходе решения практических задач (неясен алгоритм, непонятна ошибка программной среды при реализации метода, появились затруднения, связанные с тестированием алгоритма и пр.) или освоения теоретического материала преподавателем приветствуется любой диалог или дискуссия (возможно, с участием студентов, выполняющих задание по другому варианту), направленные на решение проблемы, при необходимости отведения дополнительного и/или индивидуального времени – в рамках консультаций во внеаудиторное время.

2.2 Методические указания к практическим и лабораторным занятиям

Курс предусматривает лабораторные и практические занятия по следующим темам (в скобках указан объем в часах, отводимый на выполнение каждой работы).

Лабораторные занятия (семестр 9):

1 Лабораторная работа 1. Обработка экспериментальных данных. Интерполирование функций. (2 часа)

2 Лабораторная работа 2. Обработка экспериментальных данных. Метод наименьших квадратов. (2 часа)

3 Лабораторная работа 3. Динамические модели, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями. (2 часа)

4 Лабораторная работа 4. Динамические модели, описываемые уравнениями в частных производных. (2 часа)

5 Лабораторная работа 5. Планирование модельного эксперимента при проведении оценки эффективности систем. (2 часа)

6 Лабораторная работа 6. Моделирование и оценка эффективности систем передачи информации. (4 часа)

7 Лабораторная работа 7. Моделирование систем массового обслуживания. (4 часа)

Лабораторные работы выполняются и сдаются индивидуально.

Лабораторный курс методически поддержан заданиями к лабораторным работам.

Студентам при подготовке к лабораторной работе рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу согласно перечню, приведенному в п.1.10. После выполнения каждая лабораторная работа подлежит защите. Преподаватель проверяет правильность выполнения заданий, ответы на вопросы и может студенту предложить дополнительное индивидуальное задание по теме лабораторной работы.

Сроки защиты лабораторных работ ограничены отведенным на выполнение практикума аудиторным временем – 18 час. Необходимым условием допуска студента на зачет является сдача всех лабораторных работ и выполнение контрольных работ.

Лабораторная работа № 1.
Обработка экспериментальных данных. Интерполирование функций.

Пусть функция $f(x)$ задана множеством своих значений для дискретного набора точек:

x_0	x_1	…	x_n
f_0	f_1	…	f_n

здесь $f_i = f(x_i)$.

Требуется найти интерполяционный многочлен $P(x) = P_n(x)$ степени не выше *n*, значения которого в узлах интерполяции x_i совпадают со значениями данной функции $P(x_i) = f_i$.

Задание 1: Решить задачу интерполяции с помощью многочлена Лагранжа для функции, заданной таблично.

0	*p* / 4	*p* / 2	3*p* / 4	*p*	5*p* / 4	3*p* / 2	7*p* / 4	2*p*
0	0.707	1	0.707	0	-0.707	-1	-0.707	0

Задание 2: Решить задачу интерполяции для функции из задания 1 средствами пакета Matlab.

Для решения задачи одномерной интерполяции в пакете Matlab используется функция **interp1()**, которая реализует один из способов интерполирования:

‘nearest’ – интерполяция по соседним элементам,

‘linear’ – линейная интерполяция (применяется по умолчанию, если способ интерполирования не задан),

‘spline’ – интерполяция кубическими сплайнами,

‘pchip’ – интерполяция кубическими эрмитовыми сплайнами.

Синтаксис функции: **interp1(X,Y,xi,’type_interp’)**, где X, Y – дискретные значения аргумента и функции, xi – вектор, задающий координаты абсцисс в промежуточных точках отрезка интерполирования, ’type_interp’ – способ интерполирования.

Задание 3: В Matlab можно также осуществить интерполяцию многомерных данных. Для интерполирования двумерных данных следует задать промежуточные узлы командой **meshgrid** и воспользоваться функцией **interp2**, которая реализует один из способов интерполирования:

‘nearest’ – интерполяция по соседним элементам,

‘bilinear’ или ‘linear’ – билинейная интерполяция,

‘bicubic’ или ‘cubic’ – интерполяция бикубическими сплайнами,

‘spline’ – интерполяция кубическими сплайнами.

Контрольные задания

1. Дать геометрическое представление табулированной функции. Двумерную геометрическую реализацию обеспечить следующими функциями:

plot(x,y) – для построения точечного графика,

bar(x,y) и **line(x,y)** – для построения столбчатой диаграммы,

stem(x,y) – для построения точечного графика с визуализацией ординат значения функции.

Найти непрерывный график зависимости изменения температуры в пригороде Лос-Анджелеса по заданным табличным данным и вычислить примерное значение температуры в 14час. 30мин.:

t, час.	13-00	14-00	15-00	16-00	17-00	18-00
T, °С	22	20	19	18	17	17

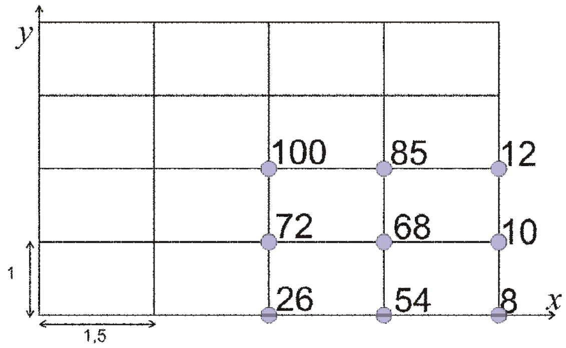
2. Применяя методы интерполяции решить прикладную задачу. Использовать следующие способы аппроксимации:

а) полиномиальная интерполяция (многочлен Лагранжа или Ньютона),

б) встроенная функция пакета Matlab **interp1()** с различными способами интерполяции (по соседним элементам, линейную интерполяцию, кубическими сплайнами, кубическими эрмитовыми сплайнами).

Исходя из эмпирического анализа данных и сравнительного анализа результатов всех видов интерполяции, сделать выводы.

Экспериментальные данные распределения температуры (в усл.ед.) в некоторый момент времени на поверхности двумерной пластины представлены на рисунке (симметричное распределение). Используя возможности интерполирования многомерных данных дать графическую интерпретацию этим результатам. Координаты сетки определить исходя из размера единичных отрезков абсциссы и ординаты графика.



Лабораторная работа № 2.

Обработка экспериментальных данных. Метод наименьших квадратов.

Пусть в результате измерений получена таблица некоторой зависимости $f(x)$:

x	x_1	x_2	…	x_n
$F(x)$	y_1	y_2	…	y_n

Требуется найти формулу, выражающую данную зависимость аналитически. Один из подходов состоит в построении интерполяционного многочлена, значения которого в узлах интерполяции x_i совпадают со значениями данной функции $f(x_i) = f_i$.

Если значения функции $f(x)$ известны с некоторой погрешностью, то требование совпадения значений в узлах интерполяции не оправдано, поскольку оно не означает совпадение характеров исходной и интерполирующей функции. Поэтому поставим задачу следующим образом – найти функцию вида

$$y = F(x),$$

которая в точках $x_1, x_2, \mathbf{K}, x_n$ принимает значения, близкие к табличным значениям $y_1, y_2, \mathbf{K}, y_n$.

Предположим, что приближающая функция $F(x)$ в точках $x_1, x_2, \mathbf{K}, x_n$ имеет значения $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \mathbf{K}, \bar{y}_n$. Тогда нужно найти функцию $F(x)$ определенного вида так, чтобы сумма квадратов

$$(y_1 - \bar{y}_1)^2 + (y_2 - \bar{y}_2)^2 + \mathbf{K} + (y_n - \bar{y}_n)^2$$

была наименьшей.

Задание 1: Даны табличные значения квадратичной зависимости. Найти коэффициенты квадратичной аппроксимирующей функции

$$F(x) = ax^2 + bx + c,$$

где a, b, c – параметры.

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	- 0.28	0.42	2.11	4.82	7.75	12.43	12.16	15.41	23.07	31.06	36.68

Задание 2: Используя табличные значения задания 1, найти параметры квадратичной аппроксимирующей функции с помощью встроенной функции Matlab.

Для решения задачи обобщенной нелинейной регрессии в пакете Matlab имеется функция **lsqnonlin()**, возвращающая решение задачи нахождения точки минимума функции:

$$\min_x\left(f(x)\right) = f_1^2(x) + f_2^2(x) + \mathbf{K} + f_n^2(x) + L,$$

где $f(x)$ – вектор-функция, x – столбец искомых переменных, L – искомая константа.

Задание 3: Приблизить функцию, заданную таблицей полиномами четвертой, пятой и шестой степени и вывести график, отражающий характер приближений.

x_i	0.1	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.2

y_i	-3.5	-4.8	-2.1	0.2	0.9	2.3	3.7

Приближение табличной функции одной переменной полиномом заданного порядка по методу наименьших квадратов может быть реализовано в пакете Matlab с помощью функции **polyfit(x,y,n)**, в которой первые два входных аргумента являются векторами со значениями абсцисс и ординат табличной функции, а третий – требуемой степенью полинома.

Контрольные задания

1. Для заданного набора экспериментальных данных выполнить аппроксимацию, использовав метод наименьших квадратов и, соответственно, следующие приближения:

а) линейной функцией,

б) нелинейной функцией, допускающей линеаризацию. Осуществить замену переменных, получить линеаризованную форму.

Построить графики исходных данных и полученных аппроксимирующих функций. Рассчитать значение среднеквадратического отклонения в каждом из случаев. Сделать вывод о качестве и наилучшем виде аппроксимации.

В таблице приведены данные зависимости плотности водных растворов серной кислоты при различных значениях концентрации солей (при температуре 40°С).

$\rho, г/см^3$	0,9986	1,0371	1,1202	1,3555	1,4816
n, %	1	7	19	42	60

2. Найти аппроксимирующую функцию средствами пакета Matlab (выполняя линеаризацию с помощью функции **lsqnonlin()** и используя приближение полиномами разных степеней – **polyfit(x,y,n)**). Сравнить с результатом, полученным методом наименьших квадратов (п. 1 задания к лабораторной работе).

Лабораторная работа № 3.
Динамические модели, описываемые обыкновенными дифференциальными уравнениями

1. Решение задачи Коши.

Рассмотрим обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка:

$$y' = f(x, y), \quad x \in [x_0, b]$$

с начальным условием:

$$y(x_0) = y_0,$$

где $f(x, y)$ – некоторая заданная, в общем случае, нелинейная функция двух переменных.

Задание 1: Решение задачи Коши для дифференциальных уравнений методом Рунге-Кутты 4 порядка может быть реализовано в пакете Matlab в виде функции **ode 45()**.

Найти решение задачи Коши дифференциального уравнения, используя встроенные функции пакета Matlab

$$\frac{dy}{dx} = x^2, \quad y(0) = 1.3$$

методом Рунге-Кутты четвертого порядка.

Задание 2: Найти решение дифференциального уравнения второго порядка на примере моделирования колебаний материальной точки под воздействием внешней силы в среде, оказывающей сопротивление колебаниям. Перемещение в среде описывается уравнением второго порядка:

$y'' + 2y' + 10y = \sin t$ с начальными условиями: $y(0) = 1, y'(0) = 0$. Уравнение второго порядка представим в виде системы: $y_1 = y, y_2 = \dot{y}$.

2. Решение краевой задачи.

Рассмотрим двухточечные краевые задачи для ОДУ второго порядка. Такие задачи имеют общий вид:

$$F(x, y, y', y'') = 0, x \in [a, b], \qquad (1)$$

$$\varphi_1(y(a), y'(a)) = 0, \varphi_2(y(b), y'(b)) = 0,$$

где F, φ1, φ2 – заданные функции определенной гладкости.

Наиболее употребительны и лучше всего изучены линейные краевые задачи, т.е. задачи вида (1), где F, φ_1, φ_2 – линейные функции. Для определенности будем полагать, что объектом изучения является линейная краевая задача:

$$L[y] = y'' + p(x)y' + q(x)y = f(x), x \in [a, b] \qquad (2)$$

$$l_a[y] = \alpha_0 y(a) + \alpha_1 y'(a) = A, \qquad (3)$$

$$l_b[y] = \beta_0 y(b) + \beta_1 y'(b) = B, \qquad (4)$$

где коэффициенты краевых условий не обращаются в ноль одновременно, а функции $p(x), q(x)$ выбраны таким образом, что данная задача имеет единственное решение в заданном функциональном пространстве. Краевые условия (3-4) определяют в общем случае смешанную краевую задачу, при $\alpha_1 = \beta_1 = 0$ первую краевую задачу, при $\alpha_0 = \beta_0 = 0$ – вторую краевую задачу.

Рассмотрим решение граничных задач на примере обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка (2), разрешенного относительно производной второго порядка. Требуется найти функцию $y(x)$, удовлетворяющую на отрезке $[a, b]$ дифференциальному уравнению

$$y'' = f(x, y, y')$$

и граничным условиям

$$\alpha \cdot y(a) + \beta \cdot y'(a) = A,$$

$$\gamma \cdot y(b) + \delta \cdot y'(b) = B.$$

Здесь α, β, γ, δ, A, B — заданные числа.

Решение этой задачи состоит из следующих этапов.

1. Преобразование дифференциального уравнения второго порядка к системе двух уравнений первого порядка.
2. Написание функции для вычисления правой части системы.
3. Написание функции, определяющей граничные условия.
4. Формирование начального приближения при помощи специальной функции **bvpinit**.
5. Вызов солвера **bvp4c** для решения граничной задачи.
6. Визуализация результата.

Первые два этапа выполняются практически так же, как и при решении задачи Коши. Введение вспомогательных функций $y_1(x)$ и $y_2(x)$ приводит к системе уравнений первого порядка относительно них:

$$\begin{cases} y_1' = y_2, \\ y_2' = f(x, y_1, y_2) \end{cases}.$$

Функция правой части системы зависит от x и вектора y, состоящего из двух компонент, $y(1)$ соответствует y_1, а $y(2)$ — y_2 , и программируется так же, как при решении задачи Коши.

При постановке граничных условий для вспомогательных функций требуется преобразовать их так, чтобы в правых частях стояли нули:

$$\alpha \cdot y(a) + \beta \cdot y'(a) - A = 0, \ \gamma \cdot y(b) + \delta \cdot y'(b) - B = 0.$$

Функция, описывающая граничные условия, зависит от двух аргументов – векторов *ya* и *yb* и имеет следующую структуру:

function *g* = *bound* (*ya*, *yb*)

g = [$al * ya(1) + bet * ya(2) – A$; $gam * yb(1) + del * yb(2) – B$];

Вместо *al*, *bet*, *gam*, *del*, *A* и *B* следует подставить заданные числа.

Солвер **bvp4c** основан на методе конечных разностей, т. е. получающееся решение есть векторы значений неизвестных функций в точках отрезка (в узлах сетки). Выбор начальной сетки и приближения может оказать влияние на решение, выдаваемое солвером **bvp4c**. Для задания начальной сетки и приближения предназначена функция **bvpinit**, обращение к которой в самом простом случае выглядит следующим образом:

initsol = **bvpinit**(начальная сетка, начальное приближение к решению)

Начальная сетка определяется вектором координат узлов, упорядоченных по возрастанию и принадлежащих отрезку [a, b]. Если имеется априорная информация о решении, то разумно среди точек начальной сетки указать те, в которых решение сильно изменяется. Формирование равномерной сетки целесообразно производить функцией **linspace**:

X = **linspace(*a, b, n*)**,

возвращающей вектор x из n равноотстоящих узлов между a и b, включая границы. Заданная сетка модифицируется солвером в процессе решения для обеспечения требуемой точности. Постоянное начальное приближение задается вектором из двух элементов для функций $y_1(x)$, $y_2(x)$ Начальное приближение может зависеть от x, в этом случае требуется запрограммировать функцию, которая по заданному x возвращает вектор из двух компонент со значениями $y_1(x)$, $y_2(x)$, и поместить указатель на нее во втором входном аргументе **bvpinit.** В результате работы **bvpinit** генерируется структура **initsol** с информацией о начальном приближении.

После определения начального приближения вызывается солвер **bvp4c**, входными аргументами которого являются указатели на функции правой части системы и граничных условий, начальное приближение и, при необходимости, управляющая структура с параметрами вычислительного процесса. Управляющая структура формируется при помощи функции **bvpset**. Солвер **bvp4c** возвращает единственный выходной аргумент— структуру с информацией о расчетной сетке, значения искомой функции и ее производной.

Для вычисления значений приближенного решения в произвольных точках отрезка следует применить функцию **deval**.

Задание 3: Требуется решить граничную задачу для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка

$$y'' = -\sin x,\ y(0) = 0, y'(11\pi/2) + y(11\pi/2) = -1.$$

при помощи солвера **bvp4c** и сравнить полученное решение с точным y=sin x.

Система дифференциальных уравнений первого порядка, соответствующая исходному уравнению, и граничные условия для нее:

$$\begin{cases} y_1' = y_2, \\ y_2' = -\sin x \end{cases},\ y_1(0) = 0, y_2(11\pi/2) + y_1(11\pi/2) + 1 = 0.$$

Решение граничной задачи оформите в виде файл-функции, в которой необходимо:

1. При помощи **bvpinit** задать начальную сетку на отрезке [0,11л/2], например, из 10 узлов, и постоянное начальное приближение: $y_1(x)$=1, $y_2(x)$=0.

2. Вызвать солвер **bvp4c** и получить приближенное решение.

3. Отобразить графически приближенное решение, извлекая нужные компоненты из структуры, возвращаемой солвером.

4. Добавить график точного решения y=sin (x) на отрезке [0,11л/2].

Контрольные задания

1. Скорость радиоактивного распада пропорциональна количеству остающегося радиоактивного вещества. (Соответствующее дифференциальное уравнение распада записывается в виде: $y' = -ky$.) Приняв коэффициент пропорциональности указанной зависимости $k = 0.01 + 0,00125 \cdot i$ 1/*сек*, начальный момент времени $t_0 = 0$, начальная масса распадающегося вещества 90+2·i *г*, определить, сколько вещества останется в момент $t = 100$ *с*. Провести сравнение результатов для некоторого выбранного шага h, h/2 и со значением точ-

ного решения. Сделать вывод о сходимости.

2. Решите уравнение, описывающее модель Лотки-Вольтерры борьбы за существование:

$$\begin{cases} y_1' = Py_1 - py_1y_2 \\ y_2' = -Ry_2 + ry_1y_2 \end{cases},$$

где P – увеличение числа жертв в отсутствие хищников, R – уменьшение числа хищников в отсутствие жертв. Вероятность поедания хищником жертвы пропорциональна их числу y_1y_2, при этом слагаемое $-py_1y_2$ соответствует вымиранию жертв, а ry_1y_2 – появлению хищников. Пусть $P = 0.8 + 0.01, R = 1 + 0.1, p = r = 0.001 + 0.00125$. В начальный момент времени было 1000 жертв, 1100 хищников. При помощи выбранного солвера решите систему ОДУ для $t \le 100$ и постройте график зависимости изменения хищников при изменении жертв.

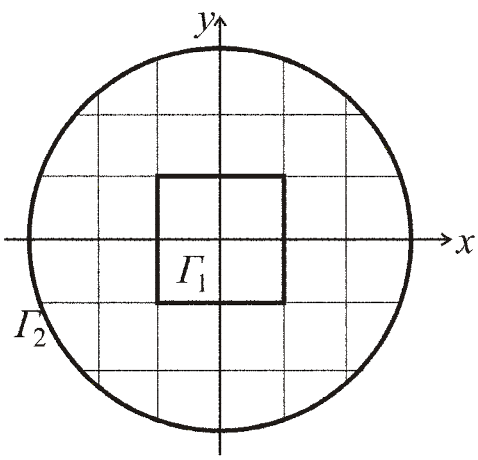
3. Трос с натяжением T закрепляется концами $x = 0$, $x = 1$ и покоится на упругом основании жесткостью k. Когда трос подвергается поперечной нагрузке ω на единицу длины, то его отклонение φ удовлетворяет уравнению $\dfrac{d^2\varphi}{dx^2} - k\varphi\dfrac{1}{T} = -\dfrac{\omega}{T}$. Реализовать данную модель для случая $\dfrac{k}{T} = 1, \dfrac{\omega}{T} = 1$.

Лабораторная работа № 4.

Динамические модели, описываемые уравнениями в частных производных.

Определить значение искомой функции внутри двумерной области с указанными краевыми условиями. Решение уравнения Лапласа $\Delta U = 0$ найти, используя, встроенный инструментарий ППП Matlab PDE tool. Выполнить графическое представление (2-х и 3-х мерное) и анализ с полученных результатов.

Задание 1. Найти стационарное распределение температуры, описываемое приближенным решением уравнения $\dfrac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 U}{\partial y^2} = 0$, в области, изображенной на рисунке, и удовлетворяющее краевым условиям $U\big|_{\Gamma_1} = 20, U\big|_{\Gamma_2} = |x| \cdot |y| + 2x^2y^2$.



Задание 2. Найти стационарное распределение температуры, описываемое приближенным решением уравнения $\dfrac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 U}{\partial y^2} = \sin(\pi x)\cos(\pi y)$, область G ограничена кривыми $x^2 + (y+3)^2 \le 16, y \ge 0$, а краевые условия имеют вид: $U\big|_{y=0} = (1 - 4x^2)x, U\big|_{x^2+(y+3)^2=16} = 2y(2x^2 + 3y)$.

Лабораторная работа № 5.
Планирование модельного эксперимента при проведении оценки эффективности систем

В работе создается m-функция, реализующая имитацию реакции исследуемой системы в ходе статистического процесса ее функционирования. Рассмотрим m-функцию, реализующую генерацию логнормальной случайной величины с параметрами масштаба и формы *a*, *b*, которая имеет плотность распределения

$$f(u)=\frac{1}{ub(2p)^{1/2}}\exp\left[\frac{-\log(u/a)^2}{2b^2}\right].$$

Определим m-функцию для генерации случайной величины:

function *u* = *systemeqv*(*a*, *b*);

u = *a* * exp (*b* * randn);

Для формирования полного многоуровневого факторного плана, исходя из количества факторов и количества уровней каждого фактора, используем функцию **fullfact** раздела Desing of Experiments. В результате получим значение массива полного факторного плана.

Далее сформируем массив исходных данных – значений уровней факторов в диапазонах выбранных значений, которые будут использоваться в ходе эксперимента.

Для реализации стратегического планирования эксперимента используется функция **fracfact**, которая формирует план для оценки взаимодействий факторов.

Выполним стратегическое планирование для определения уравнения регрессии при оценке эффективности эквивалентной системы *systemeqv* с учетом взаимодействия двух факторов *a* и *b*.

Задание 1: Для визуального анализа характера распределения случайной величины построить гистограммы в различных точках факторного пространства.

Задание 2: Определить вектор коэффициентов регрессии.

Задание 3: Отобразить полученную в ходе эксперимента зависимость показателя эффективности от выбранных факторов с использованием средств трехмерной графики Matlab.

Лабораторная работа № 6.
Моделирование и оценка эффективности систем передачи информации

Рассмотрим оценку качества передачи простого импульсного радиосигнала в радиоканале в присутствии шумов.

Задание 1: Оценить правильную фиксацию переданного радиосигнала в приемнике при одновременном отсутствии на интервале наблюдения ложных импульсов, порождаемых шумом.

Задание 2: Оценить интенсивность потока ложных импульсов, фиксируемых в приемнике в условиях отсутствия полезного сигнала.

Лабораторная работа № 7.
Моделирование систем массового обслуживания

Реальные моделируемые процессы часто носят вероятностный характер. Такой характер имеет, например, время заявок на переговоры, поступающих в телефонную сеть. Такого рода вероятностные процессы описываются моделями систем массового обслуживания (СМО).

1. Одноканальная СМО с отказами

Применим рассмотренный аппарат для анализа простейшей СМО. В одноканальной СМО с отказами имеется один прибор для обслуживания. Если он занят, заявка покидает систему, Примером такой СМО может служить справочная с одной телефонной линией. Обозначим интенсивность потока заявок (число заявок в единицу времени) через λ, интенсивность потока обслуживания через μ. Среднее время между заявками и среднее время обслуживания составят соответственно величины $1/l$ и $1/m$. В графе состояний P_0 соответствует свободному каналу – отсутствию заявки, P_1 – занятому.

Уравнения Колмогорова имеют следующий вид:

$$\frac{dP_0}{dt} = mP_1 - l\,P_0, \quad \frac{dP_1}{dt} = -mP_1 + l\,P_0$$

Используя равенство $P_0 + P_1 = 1$, получим одно дифференциальное уравнение

$$\frac{dP_0}{dt} = m - (l + m)P_0 .$$

Решая его с начальным условием $P_0(0) = P_0^0$, получим выражение для вероятности свободного канала

$$P_0(t) = P_0^0 e^{-(l+m)t} + \frac{m}{l+m}(1 - e^{-(l+m)t})$$

При $t \to \infty$ получаем установившуюся вероятность, не зависящую от того, в каком состоянии была система в начальный момент времени:

$$P_0(\infty) = \frac{m}{l+m}$$

2. Многоканальная СМО с отказами

В многоканальной СМО имеется s приборов для обслуживания заявок, что отражено в графе состояний такой системы.

Уравнения Колмогорова для многоканальной СМО с отказами будут следующими:

$$\begin{cases} \dfrac{dP_0}{dt} = -l\,P_0 + mP_1, \\ \dfrac{dP_i}{dt} = l\,P_{i-1} - (l + im)P_i + (i+1)m\,l\,P_{i+1}, \quad i = 1,2,...,s-1, \\ \dfrac{dP_s}{dt} = l\,P_{s-1} - smP_s. \end{cases}$$

В установившемся режиме работы решение алгебраической системы уравнений дает следующие результаты:

$$P_i = P_0 \frac{y^i}{i!}, \quad P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{s-1} \frac{y^i}{i!}}, \quad y = \frac{l}{m}.$$

Определим характеристики такой СМО:

1) вероятность простоя (отсутствие заявки)

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{i=0}^{s-1} \frac{y^i}{i!}}$$

2) вероятность отказа (в системе находится s заявок, все каналы заняты):

$$P_s = P_0 \frac{y^s}{s!} = \frac{1}{\sum_{i=0}^{s-1} \frac{y^i}{i!}} \frac{y^s}{s!}$$

3) среднее число заявок, поступивших за время T, $l\,T$;

4) среднее, время обслуживания одной заявки $1/m$;

5) среднее время обслуживания одним каналом заявок, поступивших за время $T, \frac{l}{m}T = yT$;

6) среднее число занятых каналов

$$\bar{s} = \sum_{i=1}^{s} P_i .$$

3. Многоканальная СМО с очередью

В случае многоканальной СМО с очередью организуется очередь, рассчитанная на n заявок. Если число заявок превышает число каналов, следующая заявка ожидает своей очереди на обслуживание. Если число заявок в системе превышает $s + n$, заявка покидает систему.

Уравнения Колмогорова для такой системы имеют следующий вид:

$$\begin{cases} \dfrac{dP_0}{dt} = -l P_0 + mP_1, \\ \dfrac{dP_i}{dt} = l P_{i-1} - (l + im)P_i + (i+1)m l P_{i+1}, \quad i = 1,2,...,s-1, \\ \dfrac{dP_i}{dt} = l P_{i-1} - (l + sm)P_i + smP_{i+1}, \quad i = s+1,2,...,s+n-1, \\ \dfrac{dP_{s+n}}{dt} = l P_{s+n-1} - smP_{s+n}. \end{cases}$$

Решение алгебраической системы в установившемся состоянии дает следующие соотношения:

$$\begin{cases} P_i = P_0 \dfrac{y^i}{i!}, \quad 0 \le i \le s, \\ P_i = P_0 \left(\dfrac{y}{s}\right)^i \dfrac{s^s}{s!}, \quad i > s, \\ P_0 = \dfrac{1}{\sum\limits_{i=s}^{s+n} \dfrac{s^s}{s!}\left(\dfrac{y}{s}\right)^i + \sum\limits_{i=0}^{s-1} \dfrac{y^i}{i!}}, \quad y = \dfrac{l}{m}. \end{cases}$$

Для случая неограниченных мест в очереди последнее выражение записывается проще:

$$P_0 = \frac{1}{\dfrac{y^s}{s!\left(1 - \dfrac{y}{s}\right)} + \sum\limits_{i=0}^{s-1} \dfrac{y^i}{i!}} .$$

В этих выражениях y / s должно быть меньше 1, иначе приборы не успевают обработать поток заявок, и очередь неограниченно растет.

Можно выделить следующие, дополнительные по сравнению со СМО без очереди, характеристики системы:

1) среднее число заявок в очереди:

$$\bar{n} = \frac{y^{s+1}}{(s-1)!(s-y)^2 P_0};$$

2) общее число заявок в системе

$$\bar{n} = \bar{n} + y;$$

3) среднее время ожидания заявки

$$\bar{t} = \frac{\bar{n}}{l};$$

4) среднее время пребывания в системе

$$\bar{T} = \frac{\bar{n}}{l}.$$

Контрольные задания

1. Провести моделирование работы одноканальной СМО с отказами (найти зависимости вероятностей простоя и отказа), используя выражение для вероятности свободного канала. Принять $\lambda = 5, \mu = 7, P_0 = 1, t = \overline{0{,}1}$. К какому значению будет стремиться вероятность отказа при $\lambda >> \mu$?

2. Провести моделирование СМО (найти зависимости вероятностей простоя и отказа): Автомобили подходят к автозаправочной станции, средняя интенсивность заявок 10 (у.е.), интенсивность обслуживания – 3 (у.е.). Число колонок на АЗС – 4. Рассмотреть процесс в течение времени $t \in [0, T]$, T=4 (у.е. времени). Считать, что при всех занятых колонках автомобиль покинет заправку. Найти характеристики многоканальной СМО с отказами в установившемся режиме.

3. Решить задачу 2, считая, что на заправке работают две колонки и в очереди автомобилей есть только три места. Рассчитайте основные характеристики многоканальной СМО с очередью в установившемся режиме.

Практические занятия (семестр А):

1 Практическое занятие 1. Классификация математических моделей. Классификация моделей систем. (2 часа)

2 Практическое занятие 2. Концептуальная и математическая постановка задачи моделирования. Методы построения вычислительного алгоритма. Анализ чувствительности, идентификация моделей. Методы оценки адекватности и точности моделей. (4 часа)

3 Практическое занятие 3. Математические схемы моделирования систем. Непрерывно-детерминированные модели. Непрерывно-стохастические модели. (4 часа)

4 Практическое занятие 4. Дискретно-детерминированные модели. Дискретно-стохастические модели. Сетевые модели. Комбинированные модели. (4 часа)

5 Практическое занятие 5. Статические и динамические модели. Примеры. Дискретные и непрерывные модели. Примеры. Модели состояния динамических систем. Стохастические модели. Нечеткие модели. (4 часа)

Студентам при подготовке к практическим занятиям и выполнении домашних заданий рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу согласно перечню, приведенному в п.1.10, при этом следует обращать внимание на аспекты реализации математических моделей, методы анализа результатов.

Задания к контрольным работам:

Контрольная работа № 1

1. Найти свободное и вынужденное движения, выходной сигнал системы, описывае-

мой уравнением: $\frac{d^2x(t)}{dt^2}+4x(t)=g(t)$, с начальными условиями $x(0) = 1$, $\frac{dx(0)}{dt}=-1$, при входном сигнале $g(t) = \cos 2t$.

2. Найти законы изменения векторов состояния и выхода многомерной детерминированной системы:

$$\begin{cases}\frac{dx_1(t)}{dt}=x_2(t)+g(t),\\ \frac{dx_2(t)}{dt}=-x_1(t)-2x_2(t),\end{cases}\quad \begin{cases}y_1(t)=x_1(t)+x_2(t),\\ y_2(t)=x_1(t),\end{cases}$$

с начальными условиями $x_1(0) = 1$, $x_2(0) = -1$, при входном сигнале $g(t)=\begin{cases}-1, t>0,\\ 0, t\le 0.\end{cases}$

3. Дана система уравнений

$$\begin{cases}\frac{dx_1(t)}{dt}=x_2(t),\\ \frac{dx_2(t)}{dt}=g(t),\end{cases}$$

где $g(t)$ – стандартный белый шум с интенсивностью $S_0 = 1$, с начальными условиями $x_1(0) = x_{10}$, $x_2(0) = x_{20}$. Начальное состояние $x_0 = (x_{10}, x_{20})^T$ описывается гауссовским законом распределения с $m_0 = (1, 2)^T$, $R_0=\begin{pmatrix}2 & 1\\ 1 & 3\end{pmatrix}$. Найти математическое ожидание $m_x(t)$ и ковариационную матрицу $R_x(t)$.

Контрольная работа № 2

1. Найти свободное движение дискретной системы, описываемой уравнением:

$4x(k + 2) + 4x(k + 2) - 3x(k) = g(k)$,

с начальными условиями $x(0) = 8$, $x(1) = -6$.

2. Найти законы изменения векторов состояния и выхода многомерной динамической системы:

$$\begin{pmatrix}x_1(k+1)\\ x_2(k+1)\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}1 & -1\\ -2 & 0\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x_1(k)\\ x_2(k)\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}1\\ -1\end{pmatrix}g(k),$$

$$y(k)=\begin{pmatrix}1 & 1\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x_1(k)\\ x_2(k)\end{pmatrix}$$

при входном сигнале $g(k) = 3^k$ и начальных условиях $x_1(0) = 3$, $x_2(0) = 0$.

3. Дана динамическая система, описываемая уравнением

$x(k + 1) = 0.5\, x(k) +3\, g(k)$,

с начальными условиями $x(0) = x_0$, входной сигнал $g(k)$ задан математическим ожиданием $m_g(k) = 4$ и ковариационной функцией $R_g(i, j) = 5\, d(i - j)$, начальное состояние характеризуется математическим ожиданием $m_0 = 1$ и $R_0 = 2$.

Требуется найти законы изменения математического ожидания $m_x(k)$, ковариационной матрицы $R_x(k)$ и ковариационной функции $R_x(i, j)$, а также исследовать установившийся режим при $k \to +\infty$.

2.3 Методические указания по самостоятельной работе студентов

На самостоятельную работу студента по дисциплине «Организация и технология проектирования систем моделирования» отводится 108 часов.

Схема самостоятельной работы студентов, перечень тем, рекомендации по работе с литературой, рекомендации по подготовке к аттестации:

Неделя семестра	Тема и/или форма самостоятельной работы, рекомендация по работе с литературой	Кол-во часов, отведенных на самостоятельную работу
семестр 9, 1-12	Инструментальные средства моделирования систем. Самостоятельная работа по подготовке к лабораторным работам 1 – 5. Рекомендуется использование по темам лабораторных работ литературных источников 1.10.1, 1.10.2, 1.10.4, 1.10.5, указанных в перечне основной и дополнительной литературы; интернет-ресурсов http://www.iqlib.ru, http://www.biblioclub.ru	30
семестр 9, 13-18	Планирование и выполнение вычислительного эксперимента. Самостоятельная работа по подготовке к лабораторным работам 6, 7. Рекомендуется использование литературных источников 1.10.1 – 1.10.6, указанных в перечне основной и дополнительной литературы; интернет-ресурсов http://www.iqlib.ru, http://www.biblioclub.ru	24
семестр А, 1-12	Свойства и построение моделей систем. Самостоятельная работа по подготовке к практическим работам и контрольной работе. Рекомендуется использование литературных источников 1.10.1 – 1.10.6, указанных в перечне основной и дополнительной литературы; интернет-ресурсов http://www.iqlib.ru, http://www.biblioclub.ru	30
семестр А, 13-18	Схемы систем моделирования. Самостоятельная работа по подготовке к практическим работам и контрольной работе. Рекомендуется использование литературных источников 1.10.1 – 1.10.6, указанных в перечне основной и дополнительной литературы; интернет-ресурсов http://www.iqlib.ru, http://www.biblioclub.ru	24

3 КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ

3.1 Текущий контроль знаний

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и для промежуточной аттестации: зачетная система оценки знаний учащихся.

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения практических и лабораторных занятий посредством устного опроса по контрольным вопросам соответствующего занятия, а также проверки заданий лабораторных работ. Промежуточный контроль осуществляется в виде контрольных работ.

3.2 Итоговый контроль знаний

Итоговый контроль осуществляется после успешного прохождения студентами текущего и промежуточного контроля в виде зачета.

Зачет сдается в конце 9 семестра и семестра А. Форма сдачи зачета – устная. Необходимым условием допуска на зачет в семестре 9 является сдача всех лабораторных работ, в семестре А выполнение и сдача всех домашних работ, выполнение контрольных работ. В предлагаемый на зачет билет входят два вопроса. Студент должен дать развернутые ответы на оба вопроса. При выполнении указанных требований ставится отметка «зачтено».

Перечень вопросов к зачету (9 семестр):

1.Предмет теории моделирования. Моделирование как универсальный метод проектирования и исследования систем. Состояние и перспективы развития математического моделирования.

2.Основы систематизации языков имитационного моделирования.

3. Сравнительный анализ языков имитационного моделирования.
4. Пакеты прикладных программ, применяемые для моделирования систем.
5. Гибридные моделирующие комплексы.
6. Математическое моделирование и вычислительный эксперимент. Этапы вычислительного эксперимента.
7. Реализация моделей в виде программы для ЭВМ. Проверка адекватности модели.
8. Практическое использование построенной модели и анализ результатов моделирования.
9. Статистическая обработка результатов моделирования систем на ЭВМ.
10. Анализ и интерпретация результатов имитационного моделирования.
11. Обработка результатов машинного эксперимента при синтезе систем.
12. Основные понятия планирования машинных экспериментов.
13. Дисперсионные и факторные эксперименты.
14. Полный факторный эксперимент и дробные реплики. Ортогональные планы.
15. Стратегическое и тактическое планирование эксперимента в имитационном моделировании.
16. Методы сокращения затрат при имитационном моделировании.

Вопросы к зачету (А семестр):

1. Свойства моделей и цели моделирования.
2. Классификация моделей систем.
3. Материальное, идеальное, когнитивное, концептуальное и формальное моделирование.
4. Классификационные признаки: сложность объектов моделирования, оператор модели, параметры модели, цели и задачи моделирования, методы реализации.
5. Понятие системы. Принципы построения математических моделей систем.
6. Концептуальная и математическая постановка задачи моделирования.
7. Методы построения вычислительного алгоритма.
8. Анализ чувствительности, идентификация моделей.
9. Методы оценки адекватности и точности моделей.
10. Математические схемы моделирования систем: основные подходы к построению моделей.
11. Непрерывно-детерминированные модели.
12. Дискретно-детерминированные модели.
13. Дискретно-стохастические модели.
14. Непрерывно-стохастические модели.
15. Сетевые модели.
16. Комбинированные модели.
17. Статические и динамические модели.
18. Дискретные и непрерывные модели.
19. Модели состояния динамических систем.
20. Нечеткие модели.

4 ИНТЕРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Используемые образовательные технологии изложены в п. 1.8. В учебном процессе применяются следующие интерактивные технологии: компьютерное моделирование и практический анализ результатов, разбор конкретных ситуаций.