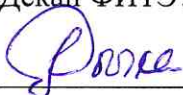


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет информационных технологий, экономики и управления

Кафедра «Системы управления»

УТВЕРЖДАЮ
Декан ФИТЭУ

 /И.А. Рычка/

«1» 12 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование систем управления»

направление подготовки
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
(уровень бакалавриата)

направленность (профиль)
«Программное обеспечение средств вычислительной техники и
автоматизированных систем»

Петропавловск-Камчатский
2022

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Программное обеспечение средств вычислительной техники и автоматизированных систем», и учебного плана ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

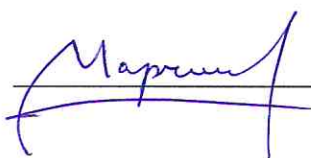
Составители рабочей программы:
доцент кафедры СУ, к.ф.-м.н.



Войдинчар Г.М.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Системы управления»
«26» 11 2021 года, протокол №5

«26» 11 2021 г.



Заведующий кафедрой
«Системы управления»
А.А. Марченко

1. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины является изучения основных методов моделирования систем управления и важнейших классов их математических моделей.

Задачей дисциплины является ознакомление студентов с методами построения моделей стохастических систем и методами нелинейной динамики в плане их использования для описания систем управления.

В результате изучения дисциплины:

- студент должен знать: принципы разработки непрерывных и дискретных систем в рамках модели «черного ящика», методы имитации случайных распределений на ЭВМ, основные понятия теории динамических систем;
- студент должен уметь: разрабатывать программы имитации случайных распределений и АРПСС-сигналов, рассчитывать передаточные функции и частотные характеристики линейных дискретных и непрерывных систем, исследовать на устойчивость траектории динамических систем;
- студент должен приобрести навыки по компьютерной имитации случайных величин и АРПСС-сигналов.

2. Требования к результатам освоения дисциплины

Дисциплина «Моделирование систем управления» направлена для освоения следующих компетенций основной образовательной программы подготовки бакалавра по направлению подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» федерального государственного образовательного стандарта высшего образования:

- Способен осуществлять сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в профессиональной деятельности

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице.

Таблица - Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ПК-1	Способен осуществлять сбор, обработку, анализ и обобщение результатов экспериментов и исследований в профессиональной деятельности	ИД-1пк-1: Знает цели и задачи проводимых исследований, методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации.	Знать: методы построения и анализа моделей информационно вычислительных и автоматизированных систем-	З(ПК-1)1
		ИД-2пк-1: Умеет применять нормативную документацию	Уметь: определять средствами математического моделирования эргономические характеристики программных и/или	У(ПК-1)1

	и	профессиональной деятельности. ИД-3пк-1: Владеет навыками применения методов анализа научно-технической информации в профессиональной деятельности	программно-аппаратных систем	В(ПК-1)1
			Владеть: - навыками применения аппарата математического и имитационного моделирования для исследования характеристики систем	

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к формируемая участниками образовательных отношений части блока 1 образовательной программы. Индекс дисциплины Б1.В.04.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по дисциплине
			Лекции	Семинары (практические занятия)	Лабораторные работы			
Тема 1. Имитация случайных распределений	25	12	4	-	8	13	Опрос, ПЗ, Тест	
Тема 2. Линейные модели систем	27	14	4	-	10	13	Опрос, ПЗ	
Тема 3. Линейные стохастические модели систем	32	19	4	-	15	13	Опрос, ПЗ, Тест	
Тема 4. Динамические системы. Нелинейные модели систем.	24	10	10	-	-	14	Опрос, ПЗ, Тест	
Курсовая работа	-						-	
Экзамен	36							36
Всего	144	55	22	-	33	53		

4.2. Описание содержания дисциплины

Тема 1. Имитация случайных распределений

Лекция 1.1. Моделирование случайных величин на ЭВМ. Генераторы псевдослучайных чисел – общие принципы построения. Мультипликативные конгруэнтные генераторы. Общий алгоритм имитации дискретного распределения. Метод обратных функций. Имитация гауссовского распределения. Имитация многомерного равномерного распределения. Имитация некоторых многомерных распределений.

Лабораторная работа 1.1. Генерация последовательностей непрерывных случайных величин на ЭВМ.

Цель работы: формирование умений по разработке программных приложений для генерации последовательностей независимых непрерывных случайных величин с различными законами распределения.

Задания:

- разработать приложение, генерирующее последовательность независимых реализаций случайных величин с показательным законом распределений и распределением Релея, используя метод обратных функций.
- разработать приложение, генерирующее последовательность независимых реализаций случайных величин с нормальным законом распределения, используя метод преобразования координат.

Лабораторная работа 1.2 Генерация последовательностей дискретных случайных величин на ЭВМ.

Цель работы: формирование умений по разработке программных приложений для генерации последовательностей независимых дискретных случайных величин с различными законами распределения.

Задания:

- Разработать приложение, генерирующее последовательность независимых реализаций случайных величин с биномиальным законом распределения, используя общий алгоритм для величин с конечным числом значений.
- Разработать приложение, генерирующее последовательности независимых реализаций случайных величин с законами распределения Пуассона и геометрическим, используя общий алгоритм для величин со счетным числом значений.
- Разработать приложение, имитирующее схему испытаний Бернулли для события с заданной вероятностью.

Тема 2. Линейные модели систем

Лекция 1.2. Линейные системы с непрерывным временем. Понятие линейной системы. Сверточные интегралы. Импульсная характеристика. Условие физической реализуемости. Комплексная, амплитудная, фазовая частотные характеристики. Система в частотной области. Передаточная функция. Устойчивость системы.

Лекция 1.3. Линейные системы с дискретным временем. Дискретные сигналы. Подмена частот. Частота Найквиста. Z-преобразование, его свойства. Импульсная характеристика. Условие физической реализуемости. Передаточная функция. Комплексная, амплитудная, фазовая частотные характеристики. Система в частотной области. Устойчивость системы.

Лекция 1.4. Стационарные случайные сигналы. Случайный сигнал. Ансамбль реализаций и сечение. Конечномерные распределения. Гауссовский сигнал. Среднее значение и средний квадрат. Дисперсия и стандартное отклонение. Автокорреляционная функция. Стационарные и стационарно связанные сигналы. Кросс-корреляции. Дискретные сигналы, их корреляционные свойства.

Лекция 1.5. Спектры стационарных случайных сигналов. Теорема Винера-Хинчина. Спектральная плотность, ее физический смысл. Спектральное каноническое разложение. Кросс-спектры. Функция когерентности. Спектральные свойства дискретных случайных сигналов.

Лабораторная работа 1.3 Программная реализация линейных цифровых фильтров

Цель работы: формирование умений по разработке программных приложений линейной фильтрации цифровых сигналов.

Задания:

- По заданным нулям передаточной функции рассчитать временную форму линейного нерекурсивного фильтра.
- Разработать приложение, выполняющее фильтрацию сигнала с помощью временной формы, полученной в предыдущем задании.
- Выполнить фильтрацию дискретного дельта-импульса, гармонического сигнала, затухающего гармонического сигнала. Построить графики входа и выхода фильтра.

СРС. Составление отчетов по лабораторным работам:

- Генерация последовательностей непрерывных случайных величин на ЭВМ [1,3,4]
- Генерация последовательностей дискретных случайных величин на ЭВМ [1,3,4]
- Программная реализация линейных цифровых фильтров [1,3,4]

Тема 3. Линейные стохастические модели систем

Лекция 2.1. Линейные стохастические системы. Отклик ЛИВ-системы на стационарный случайный вход. Связи между АКФ и спектрами входа и выхода. Кросс-корреляции и кросс-спектры входа и выхода. Оценивание диапазона линейности системы по функции когерентности входа и выхода. Идентификация передаточной функции системы по стохастическим входам.

Лабораторная работа 2.1. Моделирование процессов скользящего среднего.

Цель работы: формирование умений по разработке программных приложений нерекурсивной линейной фильтрации дискретного белого шума.

Задания:

- По заданным нулям передаточной функции рассчитать временную форму линейного нерекурсивного фильтра.
- Разработать приложение, выполняющее генерацию дискретного белого шума и его фильтрацию с помощью временной формы фильтра, полученной в предыдущем задании.
- Рассчитать кросс-корреляцию входа и выхода фильтра и оценить по ней частотную характеристику. Построить графики кросс-корреляции, оценок АЧХ и ФЧХ. Сравнить их с графиками АЧХ и ФЧХ, построенным по аналитическим выражениям.

Лекция 2.2. Модели класса АРСС. Процессы АР. Условие обратимости и стационарности. Корреляционная функция и спектр АР-процесса. Уравнения Юла-Уокера. Процессы СС. Условие обратимости. Корреляционная функция и спектр СС-процесса. АРСС-процессы. Идентификация процессов типа АРСС. Операторы дискретного дифференцирования и интегрирования. АРСС-модели.

Лабораторная работа 2.2. Моделирование процессов АРСС.

Цель работы: формирование умений по разработке программных приложений рекурсивной линейной фильтрации дискретного белого шума.

Задания:

- По заданным нулям и полюсам передаточной функции рассчитать временную форму линейного рекурсивного фильтра.
- Разработать приложение, выполняющее генерацию дискретного белого шума и его фильтрацию с помощью временной формы фильтра, полученной в предыдущем задании.
- Рассчитать кросс-корреляцию входа и выхода фильтра и оценить по ней частотную характеристику. Построить графики кросс-корреляции, оценок АЧХ и ФЧХ. Сравнить их с графиками АЧХ и ФЧХ, построенным по аналитическим выражениям.

Лабораторная работа 2.3. Идентификация процессов АРСС.

Цель работы: формирование навыков идентификации случайного сигнала как процесса АРСС с помощью пакета gretl.

Задания:

- Построить график АКФ и ЧАКФ выходного процесса фильтра из предыдущей лабораторной работы.
- По графикам выдвинуть гипотезу о порядках АРСС-модели, описывающей этот сигнал.
- Провести идентификацию сигнала, как АРСС-процесса, используя стандартные средства gretl.
- Провести сравнение коэффициентов, полученных в результате идентификации с коэффициентами, использовавшимися при генерации.

Тема 4. Динамические системы. Нелинейные модели систем.

Лекция 2.3. Динамические системы. Уравнения состояния и уравнения наблюдения для систем управления. Сведение уравнений состояния к динамической системе. Фазовое пространство и фазовые траектории. Точки покоя. Устойчивость по первому приближению. Асимптотическая устойчивость.

Лекция 2.4. Детерминированный хаос. Эргодичность и перемешивание. Эргодические отображения. Классические аттракторы динамических систем: точки покоя, предельные циклы, торы. Странный аттрактор. Система Лоренца. Хаос в генераторе Анищенко-Астахова. Синхронизация хаотических колебаний.

Лекция 2.5. Схемы моделирования. Общая модель объекта управления. Основные подходы к построению математических моделей систем. Непрерывно-детерминированные модели. Дискретно-детерминированные модели. Дискретно-стохастические модели. Непрерывно-стохастические модели. Сетевые модели. Агрегативные системы.

СРС. Составление отчетов по лабораторным работам:

- Моделирование процессов скользящего среднего [1,3,4].
- Моделирование процессов АРСС [1,3,4].
- Идентификация процессов АРСС [1,3,4].

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся

В целом внеаудиторная самостоятельная работа обучающегося при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

1. проработка (изучение) материалов лекций;
2. чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;

3. подготовка к лабораторным работам;
4. поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
5. выполнение домашних заданий в форме творческих (проблемно-поисковых, групповых) заданий, докладов;
6. подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине.

Основная доля самостоятельной работы обучающихся приходится на подготовку к лабораторным работам, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к лабораторным работам предполагает умение работать с первичной информацией.

6. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Моделирование систем управления» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
3. Типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Примерный перечень вопросов к промежуточной аттестации

5. Метод обратных функций для генерации случайных величин на ЭВМ.
6. Общий алгоритм генерации дискретной величины на ЭВМ.
7. Генерация нормального распределения на ЭВМ.
8. Линейные системы во временной области: определение, импульсная характеристика, устойчивость.
9. Линейные системы в частотной области: частотная характеристика, АЧХ, ФЧХ, устойчивость.
10. Передаточная функция линейной системы, ее связь с частотной характеристикой.
11. Z-преобразование, его свойства.
12. Стационарные случайные процессы.
13. АКФ стационарного процесса, ее свойства.
14. AP-процессы.
15. CC-процессы.
16. APCC-процессы.
17. APCC-процессы.
18. АКФ и ЧКФ процессов типа APCC.
19. Идентификация модели типа APCC по оценкам АКФ и ЧКФ.
20. Кросс-корреляционная функция случайного процесса.
21. Спектральная плотность стационарного процесса, ее свойства и смысл.
22. Кросс-спектральная плотность двух случайных процессов.
23. Функция когерентности.
24. Кросс-корреляция входа и выхода линейной системы.
25. Кросс-спектр и функция когерентности входа и выхода линейной системы.

26. Расчет передаточных функций линейных систем через случайные возмущения на входе.
27. Расчет передаточных функций линейных систем через детерминированные воздействия на входе.
28. Дискретные регуляторы.
29. Общая модель объекта управления.
30. Стандартные схемы моделирования систем.
31. Преобразование кодирования.
32. Динамические системы: фазовое пространство, стационарные режимы.
33. Аттракторы динамических систем.
34. Детерминированный хаос.

7. Рекомендуемая литература

7.1. Основная литература

35. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учебник для вузов. М. — Высшая школа, 2007.

7.2 Дополнительная литература

2. Математическое моделирование в технике / Под ред. В.С.Зарубина, А.П.Крищенко. М. — Изд-во МГТУ, 2001
3. Дьяконов В.П., Круглов В.С. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем: специальный справочник. — Спб.: Питер, 2002.
4. Дьяконов В.П. MATLAB 6: Учебный курс. — Спб.:Питер. 2001.
5. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. — М. Физматлит, 2002.
6. Введение в математическое моделирование / Под ред. П. В. Трусова. — М.: Логос, 2004.

7.3 Перечень методических указаний к проведению учебных, лабораторных занятий и самостоятельной работы студентов

1. Водинчар Г.М. Лабораторные работы для направлений бакалавриата 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» и 27.03.04 «Управление в технических системах» по дисциплине «Моделирование систем управления» для студентов очной и заочной формы обучения. – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2019. (электронная форма).

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека Elibrary <https://elibrary.ru>
2. Справочная система «Мир математических уравнений» <http://eqworld.ibmnet.ru>
3. Справочная система SciLab <http://scilab.org>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Подготовка к лекционным занятиям

Лекции составляют основу теоретического обучения и дают систематизированные основы научных знаний по дисциплине, концентрируют внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируют их активную познавательную деятельность и способствуют формированию творческого мышления.

При подготовке к лекции следует предварительно ознакомиться с учебным материалом по теме занятия и при конспектировании лекции акцентировать внимание на новых теоретических положениях и иных данных, не нашедших отражения в учебной литературе.

Для успешного изучения дисциплины студенту рекомендуется систематически готовиться к каждому занятию по следующей схеме:

- повторить материал предыдущей лекции, используя конспекты, учебную и специальную литературу
- ответить на контрольные вопросы по изучаемой теме.

Подготовка к лабораторным занятиям

Лабораторная работа – это выполнение студентами под руководством преподавателя или по инструкции заданий (решение задач, написание программ) с применением персонального компьютера.

В ходе лабораторных работ студенты воспринимают и осмысливают новый учебный материал. Лабораторные занятия носят систематический характер, регулярно следуя за лекционными занятиями. Лабораторные работы выполняются согласно графику, при этом соблюдается принцип индивидуального выполнения работ.

Обучающийся должен подготовить отчет к каждой лабораторной работе, предусмотренной планом.

При подготовке к лабораторным занятиям необходимо заранее изучить методические рекомендации по его проведению. Обратит внимание на цель занятия, на основные вопросы для подготовки к занятию, на содержание темы занятия.

10. Курсовая работа.

Курсовая работа выполняется по тповой тематике, связана с идентификацией цифрового сигнала как выхода АРПСС-фильтра. Выполняется студентами по индивидуальным вариантам – файлам цифрового сигнала.

Критерии оценки курсовой работы

Примерный перечень критериев оценки курсовой работы (проекта)	Максимальное количество баллов
Постановка проблемы. Определение целей, задач, методов решения, объекта исследования.	6
Корректное изложение смысла основных научных идей, их теоретическое обоснование и объяснение, использование навыков научного обобщения.	6
Логичность и последовательность в изложении материала.	5
Навыки планирования и управления временем при выполнении	6

работы. Представление работы в срок.	
Текстовая часть (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.)	10
Графическая часть (соответствие стандартам, ВНТП и т.д.)	10
Правильность расчетов. Применение физико-математического аппарата.	5
Технико-экономическое обоснование по теме курсового проекта (работы)	6
Выводы и предложения по модернизации, реконструкции. Обоснованность выводов.	6
Количество и степень новизны использованных литературных источников. Способность к работе с литературными источниками, Интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой, периодической литературой.	10
Презентабельность проекта (иллюстрированность, презентации с использованием ПК и т.д.)	5
Степень самостоятельности при работе над проектом (работой).	10
Выполнение специального задания.	5
Защита курсового проекта (работы)	10
Итого	100

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

11.1 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется программное обеспечение:

- текстовый редактор LibreOffice Writer;
- среды разработки VisualStudio и Eclipse;
- пакет прикладных математических программ пакет SciLab;
- презентационный редактор LibreOffice Impress.

11.2 Перечень информационно-справочных систем

2. справочная математическая система Мир математических уравнений <https://eqworld.ipmnet.ru/>
3. Справочник программиста на C и C++ <http://www.c-cpp.ru/>
4. Официальный сайт пакета SciLab <https://www.scilab.org>

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для проведения лекционных занятий, групповых и индивидуальных консультации, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория 7-518 на 32 посадочных места с комплектом учебной мебели и аудиторной меловой доской. Лабораторные занятия проводятся в лаборатории моделирования систем управления 7-517

(9 учебных персональных компьютеров, 12 посадочных мест, маркерная аудиторная доска, учебная мебель). Самостоятельная работа осуществляется в кабинете самостоятельной работы студентов 7-517 (9 учебных персональных компьютеров, 12 посадочных мест, маркерная аудиторная доска, учебная мебель).