

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/

«31» января 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Моделирование объектов и систем управления»**

направление подготовки

09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»  
(уровень магистратуры)

направленность (профиль)

«Программное обеспечение автоматизированных систем

(в рыбохозяйственном комплексе)»

для заочной формы обучения

Петропавловск-Камчатский  
2024

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника», профиль «Программное обеспечение автоматизированных систем (в рыбохозяйственном комплексе)», и учебного плана ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

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

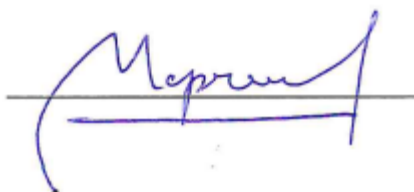


Водинчар Г.М.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Системы управления»

Протокол №6 от «31» января 2024 года.

«31» января 2024 г.



Заведующий кафедрой  
«Системы управления»  
А.А. Марченко

## 1. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины является изучения методов математического описания объектов и систем управления для последующего моделирования их динамики средствами информационно-вычислительных систем. С целью более глубокого освоения математического содержания дисциплины предполагается самостоятельная программная реализация студентами изучаемых методов на универсальном языке программирования, а не использование прикладного программного обеспечения.

Задачи дисциплины заключаются в:

- изучении способов математического описания объектов и систем управления, используемых для компьютерного моделирования процессов их динамики;
  - приобретении умений составлять моделирующие алгоритмы для имитации процессов функционирования объектов и систем управления и исследовании свойств компьютерных моделей;
- практической реализации алгоритмов моделирования объектов и систем управления в виде вычислительных модулей на универсальном языке программирования.

## 2. Требования к результатам освоения дисциплины

Дисциплина «Моделирование объектов и систем управления» направлена на освоение следующих компетенций основной образовательной программы подготовки магистра по направлению подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» федерального государственного образовательного стандарта высшего образования:

- способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте (ОПК-1);
- способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований (ОПК-4).

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	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора достижения	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ОПК-1	Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-	ИД-1 <sub>опк-1</sub> : Знает основные методы решения нестандартных задач, связанных со своей профессиональной	<b>Знать:</b> основные методы моделирования объектов и систем управления	З(ОПК-1)1
			<b>Уметь:</b> Применять математическое моделирование для решения профессиональных задач	У(ОПК-2)1

ОПК-4	<p>экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте</p> <p>Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований</p>	<p>деятельностью</p> <p><b>ИД-2опк-1:</b> Умеет применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения задач в новой или незнакомой среде</p> <p><b>ИД-3опк-1:</b> Владеет навыками решения задач в междисциплинарном контексте</p> <p><b>ИД-1опк-4:</b> Знает основы научных методов исследований</p> <p><b>ИД-2опк-4:</b> Умеет применять современные методики исследований</p> <p><b>ИД-3опк-4:</b> Владеет навыками использования новых научных принципов в профессиональной деятельности</p>	<p><b>Владеть:</b> навыками моделирования объектов и систем управления</p>	В( ОПК-4)1
-------	---	--	--	------------

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к блоку обязательных дисциплин образовательной программы. Индекс дисциплины Б1.О.07

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.1. Тематический план дисциплины

##### заочная форма обучения

Наименование разделов и тем	Всего часов	Контактная работа	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по дисциплине
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
Тема 1. Аналитические методы построения моделей.	47	1	1	-	-	46	Опрос, контроль СРС	
Тема 2. Детерминированные схемы моделирования.	57	11	1	-	10	46		
Тема 3. Стохастические схемы моделирования.	57	11	1	-	10	46		
Тема 4. Экспериментальные методы построения моделей.	44	1	1	-	-	43		
<b>Зачет дифференцированный</b>						9	Опрос	
<b>Всего</b>	<b>216</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>20</b>	<b>183</b>		

#### 4.2. Описание содержания дисциплины

**Тема 1. Аналитические методы построения моделей.** Концепция моделирования как методологии познания: применение моделирования; классификация математических моделей; технология построения моделей; проверка адекватности модели; инструменты моделирования

Моделирование технологических процессов: моделирование теплообменных процессов в промышленных аппаратах; моделирование реакционных процессов в промышленных аппаратах; основы моделирования массообменных процессов.

**СРС по теме 1.** Изучение теоретического материала темы по источникам.

**Тема 2. Детерминированные схемы моделирования.** Модель систему управления в переменных вход (управление) – внутреннее состояние – выход. Уравнения состояния и наблюдения. Управляемость линейных объектов. Нелинейные системы. Положения равновесия. Устойчивость точек равновесия линейных стационарных систем. Асимптотическая устойчивость. Устойчивость по Ляпунову. Орбитальная устойчивость и автоколебания. Фазовые портреты. Типы точек устойчивости. Предельные циклы, аттракторы. Конечные автоматы. Автоматы Мили и Мура. Способы задания автоматов – таблицы переходов и выходов, матрицы соединений и векторы выходов, графы.

**Лабораторная работа 2.1 Имитационное моделирование нелинейных динамических систем.**

Задание:

В соответствии с индивидуальным вариантом задания разработать и отладить программное приложение, обеспечивающее:

1. Расчет явным методом Рунге-Кутты 4-го порядка фазовой траектории динамической системы на заданном интервале времени с заданным шагом интегрирования.
2. Анализ зависимости точности и трудоемкости решения задачи от шага интегрирования.
3. Автоматический выбор величины шага интегрирования для достижения относительной погрешности не более 1%.
4. Построить рассчитанную фазовую траекторию.

### **Лабораторная работа 2.2 Исследование устойчивости положения равновесия нелинейной динамической системы.**

Задание:

В соответствии с индивидуальным вариантом задания:

1. Аналитически найти положения равновесия заданной динамической системы и построить систему первого приближения для каждой точки равновесия.
2. Исследовать положение равновесия по первому приближению на устойчивость.
3. С помощью разработанного в предыдущей работе приложения рассчитать фазовую траекторию, выходящую из окрестности положения равновесия. Построить эту траекторию.
4. Сравнить результаты численного эксперимента с результатами анализа по первому приближению.

### **Лабораторная работа 2.3 Имитационное моделирование детерминированного конечного автомата.**

Задание: В соответствии с индивидуальным вариантом задания:

1. Составить в табличной форме модель детерминированного конечного автомата заданного типа с заданными размерностями внутреннего, входного и выходного алфавитов.
2. Разработать и отладить программное приложение, обеспечивающее имитационное моделирование процесса функционирования автомата в соответствии с составленной моделью. Момент наступления каждого такта моделируемого автомата должен задаваться пользователем приложения в форме подачи нового значения входного сигнала или для автономного автомата – в форме подачи специально сгенерированного сигнала на начало следующего такта (например, при нажатии клавиши на клавиатуре). До момента наступления следующего такта текущие состояние и выходной сигнал должны сохраняться неизменными.

**СРС по теме 2.** Изучение теоретического материала темы по источникам. Составление отчетов по выполненным в компьютерных кабинетах лабораторным работам 2.1-2.3.

**Тема 3. Стохастические схемы моделирования.** Основные понятия теории случайных процессов – ансамбль реализаций, сечения, стохастическая эквивалентность. Моментные функции, их свойства. Автокорреляция и кросс-корреляция. Стационарность в узком и широком смыслах слова. Спектральная плотность стационарного случайного процесса. Стационарно связанные процессы, кросс-спектры. Функция когерентности. Преобразование стационарных процессов ЛИВ-системами. Связь между корреляционными и спектральными плотностями входов и выходов ЛИВ-систем. Кросс-корреляции и кросс-спектры входа и выхода. Белый шум. Формирующие фильтры для стационарных процессов с дробно-рациональными спектральными плотностями.

### **Лабораторная работа 3.1 Построение генератора случайных чисел с заданным законом распределения.**

Задание: В соответствии с индивидуальным вариантом задания:

1. Построить программный генератор случайных чисел с заданным непрерывным законом распределения методом обратных функций.
2. Оценить величину математического ожидания и дисперсии по выборкам объемом 50, 100, 1000, 1 млн. и сравнить с точными величинами, полученными аналитически.
3. Оценить соответствие полученного закона заданному, используя указанный критерий согласия: Пирсона или Колмогорова (в соответствии с вариантом).
4. Построить программный генератор случайных чисел с заданным дискретным распределением, используя универсальный алгоритм имитации дискретных распределений.
5. Оценить величину математического ожидания и дисперсии по выборкам объемом 50, 100, 1000, 1 млн. и сравнить с точными величинами, полученными аналитически.

### **Лабораторная работа 3.2 Построение генератора случайного процесса методом формирующего фильтра.**

Задание: В соответствии с индивидуальным вариантом задания

1. Разработать программное приложение для генерации методом формирующего фильтра непрерывного случайного процесса с заданной корреляционной функцией  $R(\tau) = \sigma^2 \exp(-a\tau)$ .
2. Сгенерировать несколько реализаций случайного процесса и совместить их на одном графике.
3. Разработать приложение, оценивающее АКФ процесса по одной реализации усреднением по времени. Рассчитать с его помощью АКФ на временном интервале  $[0; 3/a]$ .
4. Совместить на одном графике заданную аналитически и рассчитанную по реализации АКФ.

**СРС по теме 3.** Изучение теоретического материала темы. Составление отчетов по выполненным в компьютерных кабинетах лабораторным работам 3.1-3.2.

**Тема 4. Экспериментальные методы построения моделей.** Особенности проведения активных экспериментов. Построение статических детерминированных моделей. Обоснование вида модели. Метод наименьших квадратов. Корректность задачи определения параметров модели. Построение статических стохастических моделей. Основы регрессионного анализа. Основы планирования экспериментов.

**СРС по теме 3.** Изучение теоретического материала темы по источникам.

## **5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся**

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

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к лабораторным работам;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- выполнение домашних заданий в форме творческих (проблемно-поисковых,

- групповых) заданий, докладов;
- 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 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**

1. Модель систему управления в переменных вход (управление) – внутреннее состояние – выход.
2. Уравнения состояния и наблюдения.
3. Управляемость линейных объектов.
4. Нелинейные системы, их особенности.
5. Положения равновесия.
6. Устойчивость точек равновесия линейных стационарных систем.
7. Асимптотическая устойчивость.
8. Устойчивость по Ляпунову.
9. Орбитальная устойчивость и автоколебания.
10. Фазовые портреты.
11. Типы точек устойчивости.
12. Предельные циклы, аттракторы.
13. Конечные автоматы.
14. Способы задания автоматов – таблицы переходов и выходов, матрицы соединений и векторы выходов, графы.
15. Основные понятия теории случайных процессов – ансамбль реализаций, сечения, стохастическая эквивалентность.
16. Моментные функции, их свойства.
17. Автокорреляция и кросс-корреляция.
18. Стационарность в узком и широком смыслах слова.
19. Спектральная плотность стационарного случайного процесса.
20. Стационарно связанные процессы, кросс-спектры.
21. Функция когерентности.
22. Преобразование стационарных процессов ЛИН-системами.



23. Связь между корреляционными и спектральными плотностями входов и выходов ЛИН-систем.
24. Кросс-корреляции и кросс-спектры входа и выхода.
25. Белый шум.
26. Формирующие фильтры для стационарных процессов с дробно-рациональными спектральными плотностями.
27. Особенности проведения активных экспериментов.
28. Построение статических детерминированных моделей.
29. Уравнение регрессии
30. Построение прямой регрессии
31. Полный факторный эксперимент
32. Дробный факторный эксперимент

## **7. Рекомендуемая литература**

### **Основная литература**

1. Васильков Ю.В., Василькова Н.Н. Математическое моделирование объектов и систем автоматического управления. – М.: Инфра-Инженерия, 2020.

### **Дополнительная литература**

1. Алгазинов Э. К., Сирота А. А. Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем. – М.: Диалог–МИФИ, 2009. – 416 с.
2. Водичар Г.М. Оценивание параметров периодичности в пуассоновских процессах: монография. – Петропавловск-Камчатский: КамГУ им. Витуса Беринга, 2013. – 106 с.
3. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – М.: Физматлит, 2004. – 464 с.
4. Кроновер Р.М. Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. – М.: Постмаркет, 2000. – 352 с.
5. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи, методы, примеры. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.
6. Советов Б. Я., Яковлев С. А. Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 2001. – 275 с.
7. Чуличков А. И. Математические модели нелинейной динамики. – М.: Физматлит, 2000. – 296 с.

## **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 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. Курсовой проект (работа)**

В соответствии с учебным планом курсовое проектирование по дисциплине не предусмотрено.

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

#### ***11.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса***

- электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 8 данной рабочей программы;
- интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты;
- работа с обучающимися в ЭИОС ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

#### ***11.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса***

При освоении дисциплины используется программное обеспечение:

- операционная система Astra Linux;
- комплект офисных программ Р-7 в составе текстового процессора, программы работы с электронными таблицами, программные средства редактирования и демонстрации презентаций.
- математические пакеты Scilab и Matlab.

#### ***11.3 Перечень информационно-справочных систем***

- справочная математическая система Мир математических уравнений <https://eqworld.ipmnet.ru/>

### **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения групповых и индивидуальных консультаций, 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).