

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/

« 29 » января 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Специальные разделы теории оптимального управления»

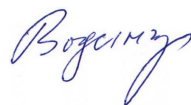
по направлению подготовки
27.03.04 «Управление в технических системах»
(уровень бакалавриата)

направленность (профиль): «Автоматика электроэнергетических систем»

Петропавловск-Камчатский
2025

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах», профиль «Управление и информатика в технических системах», и учебного плана ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

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

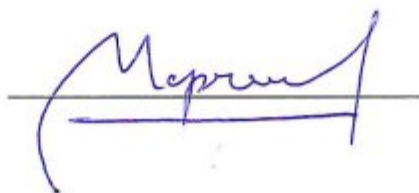


Водинчар Г.М.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Системы управления»

Протокол № 6 от « 24 » января 2025 года.

« 24 » января 2025 г.



Заведующий кафедрой
«Системы управления»
А.А. Марченко

1. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью дисциплины является изучение методов оптимизации для решения практических задач управления и реализующих их вычислительных алгоритмов.

Задачи изучения дисциплины:

1. изучение в требуемом объеме соответствующего математического аппарата теории оптимального управления;
2. изучение способов реализации эффективных методов и алгоритмов решения задач оптимального управления.

2. Требования к результатам освоения дисциплины

Дисциплина «Специальные разделы теории оптимального управления» направлена на освоение следующих компетенций основной образовательной программы подготовки бакалавра по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах» федерального государственного образовательного стандарта высшего образования:

- Способен разрабатывать документацию по техническому обеспечению, в том числе разрабатывать специальные задания, автоматизированной системы управления технологическими процессами (ПК-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
ПК-4	Способен разрабатывать документацию по техническому обеспечению, в том числе разрабатывать специальные задания, автоматизированной системы управления технологическими процессами	ИД-1_{ПК-4} : Знает правила оформления электронного и текстового экземпляров рабочей документации автоматизированной системы управления технологическими процессами ИД-2_{ПК-4} : Умеет выбирать алгоритм работы во внешних периферийных устройствах при комплектowaniu чертежей рабочей документации автоматизированной системы управления технологическими процессами ИД-3_{ПК-4} : Владеет навыками порядка и правил осуществления нормоконтроля комплекта рабочей документации автоматизированной системы	Знать: методы ТОУ и формализации задач оптимального управления	З(ПК-4)1
			Уметь: применять методы теории оптимального управления для оценки и обоснования решений;	У(ПК-4)1
			Владеть: навыками использования методов теории оптимального управления	В(ПК-4)1

		управления технологическими процессами		
--	--	--	--	--

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к блоку факультативных дисциплин образовательной программы.

4. Содержание дисциплины

4.1. Тематический план дисциплины

Очная 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. Модель системы управления в пространстве состояний	18	2	2	-	-	8	Опрос, контроль СРС	
Тема 2. Задачи оптимального управления	16	8	4	4	-	8		
Тема 3. Методы классического вариационного исчисления	16	10	4	6	-	6		
Тема 4. Принцип максимума Понтрягина	16	8	4	4	-	8		
Тема 5. Метод динамического программирования	14	6	3	3	-	8		
Зачет							Опрос	
Всего	72	34	17	17	-	38		

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. Модель системы управления в пространстве состояний	12,5	0,5	0,5	-	-	12	Опрос, контроль СРС	
Тема 2. Задачи оптимального управления	12,5	0,5	0,5	-	-	12		
Тема 3. Методы классического вариационного исчисления	14,5	2,5	0,5	2	-	12		
Тема 4. Принцип максимума Понтрягина	12,5	0,5	0,5	-	-	12		
Тема 5. Метод динамического программирования	18	-	-	-	-	14		
Зачет							Опрос	
Всего	68	4	2	2	-	64		

Тема 1. Модель системы управления в пространстве состояний. Общая модель объекта управления. Пространство состояний. Уравнение состояния. Уравнения наблюдения. Переход к модели «управление-отклик». Примеры моделей. Управляемость и наблюдаемость. Управляемость линейных объектов.

Тема 2. Общая постановка задачи оптимального управления. Примеры постановки задач оптимального управления. Управление электродвигателем. Простейшая модель управления летательным аппаратом. Классификация задач оптимального управления: по виду ограничений (задачи классического и неклассического типа, изопериметрические задачи); по виду краевых условий (закрепленные и подвижные концы); по интервалу времени управления; по критерию оптимальности (задачи Больца, Лагранжа, Майера). Переходы между типами задач

Практическое занятие 1. Постановка задач оптимального управления.

Практическое занятие 2. Исключение неравенств и изопериметрических ограничений.

Тема 3. Методы классического вариационного исчисления. Уравнения Эйлера-Лагранжа. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с фиксированными концами. Функция Гамильтона. Условия Вейерштрасса-Эрдмана. Примеры. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с подвижными концами. Условия трансверсальности. Терминант. Примеры. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с нефиксированным временем. Задача быстрогодействия.

Практическое занятие 3. Решение классических задач Лагранжа.

Практическое занятие 4. Решение задач с подвижными концами.

Практическое занятие 5. Решение изопериметрических задач.

Тема 4. Принцип максимума Понтрягина. Задача с закрепленными концами и фиксированным временем. Функции Лагранжа и гамильтониан. Функция Понтрягина. Сопряженные уравнения. Принцип максимума Понтрягина. Задачи с подвижными концами и нефиксированным временем. Принцип максимума для подвижных концов. Связь с множителями Лагранжа. Примеры. Задача максимального быстрогодействия. Теорема об интервалах. Вырожденные и особые задачи.

Практическое занятие 6. Решение задач с закрепленными концами

Практическое занятие 7. Решение задач с максимального быстрогодействия

Тема 5. Метод динамического программирования. Инвариантное погружение и функциональное уравнение. Функция Беллмана. Прямое и обратное уравнения Беллмана. Принцип оптимальности. Марковские задачи оптимального управления. Обратный принцип оптимальности. Необходимые условия оптимальности при дифференцируемой функции Беллмана. Этапы метода динамического программирования. Примеры. Достаточные условия оптимальности.

Практическое занятие 8. Решение задач методом динамического программирования.

СРС по дисциплине.

- Изучение теоретического материала, предусмотренного программой и не отраженного в лекциях. Содержание этого материала сообщается преподавателем в конце каждой лекции. 2
- Решение домашних практических заданий.

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

3. Общая модель объекта управления.
4. Пространство состояний.
5. Уравнения состояния и наблюдения.
6. Переход к модели «управление-отклик».
7. Управляемость и наблюдаемость.
8. Управляемость линейных объектов.
9. Общая постановка задачи оптимального управления. Простейшая модель управления летательным аппаратом.
10. Классификация задач оптимального управления по виду ограничений (задачи классического и неклассического типа, изопериметрические задачи).
11. Классификация задач оптимального управления по виду краевых условий (закрепленные и подвижные концы).
12. Классификация задач оптимального управления по критерию оптимальности (задачи Больца, Лагранжа, Майера).
13. Исключение ограничений в форме неравенств.
14. Исключение изопериметрических ограничений.
15. Множители Лагранжа.
16. Уравнения Эйлера-Лагранжа.
17. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с фиксированными концами.
18. Условия Вейерштрасса-Эрдмана.
19. Условия трансверсальности.
20. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с подвижными концами.
21. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с нефиксированным временем.
22. Функция Понтрягина.
23. Сопряженные уравнения.
24. Принцип максимума Понтрягина.

25. Задачи с подвижными концами и нефиксированным временем.
26. Принцип максимума для подвижных концов.
27. Задача максимального быстродействия.
28. Теорема об интервалах.
29. Вырожденные и особые задачи.
30. Инвариантное погружение и функциональное уравнение.
31. Функция Беллмана.
32. Прямое и обратное уравнения Беллмана.
33. Принцип оптимальности. Марковские задачи оптимального управления.
34. Обратный принцип оптимальности.
35. Необходимые условия оптимальности при дифференцируемой функции Беллмана.
36. Этапы метода динамического программирования.

7. Рекомендуемая литература

7.1. Основная литература

1. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 2. — М.: Физматлит, 2004. — 464 с.
2. Ким Д. П. Сборник задач по теории автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 328 с.

7.2. Дополнительная литература

3. Алексеев В.М., Тихомиров В. М., Фомин СВ. Оптимальное управлеуправление. — М.: Наука, 1979. — 430 с.
4. Атанс М., Фалб П. Оптимальное управление. — М.: Машиностроение, 1968. — 764 с.
5. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управлеуправления. — М.: Наука, 1969. — 408 с.
6. Гришанин Ю. С, Лебедев Г. #., Липатов А. В., Степаньянц Г. А. Теория оптимальных систем. Учеб. пособие. — М.: Изд-во МАИ, 1999. — 318 с.
7. Габасов Р., Кириллова Ф.М. Основы динамического программирова. — Минск: Изд-во БГУ, 1975. — 204 с.
8. Понтрягин Л. С, Болтянский В. Г., Гамкрелидзе Р. В., Мищенко Е. Ф. Математическая теория оптимальных процессов. — М.: Физматлит, 1961. — 392 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная эдектронная 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 практическим занятиям

Практическое занятие – это студентами под руководством преподавателя или по инструкции практических заданий (решение задач).

В ходе лабораторных работ студенты воспринимают и осмысливают новый учебный материал. Практические занятия носят систематический характер, регулярно следуя за лекционными занятиями. Целью занятий является выработка практических умений и формирование стойких навыков по решению задач.

Обучающийся должен выполнить и представить преподавателю домашнее задание по каждому практическому занятию.

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.

11.3 Перечень информационно-справочных систем

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

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

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