


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/

«21» 12 2022г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Специальные разделы теории оптимального 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».

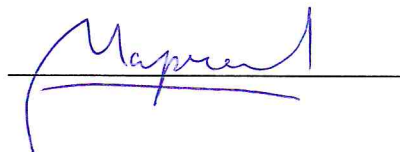
Составитель рабочей программы:  
доцент кафедры СУ, к.ф.-м.н., доцент



Водинчар Г.М.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Системы управления»  
«18» ноября 2022 года, протокол № 3

«18» ноября 2022г.



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:

- изучение в требуемом объеме соответствующего математического аппарата теории оптимального управления;
- 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 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» федерального государственного образовательного стандарта высшего образования:

- Способен разрабатывать и согласовывать технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие с архитектором программного обеспечения (ПК-2).

Наименование компетенции при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными в программе бакалавриата индикаторами достижения компетенций

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения ПК	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ПК-2	Способен разрабатывать и согласовывать технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие с архитектором программного обеспечения	ИД-1ПК-2: Знает языки формализации функциональных спецификаций.	<b>Знать:</b> методы ТОУ и формализации задач оптимального управления	<b>З(ПК-2)1</b>
		ИД-2ПК-2: Умеет оценивать и обосновывать рекомендуемые решения.	<b>Уметь:</b> применять методы теории оптимального управления для оценки и обоснования решений;	<b>У(ПК-2)1</b>
			<b>Владеть:</b> навыками использования методов теории оптимального управления	<b>В(ПК-2)1</b>

## 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к блоку факультативных дисциплин образовательной программы. Индекс дисциплины ФТД.02

## 4. Содержание дисциплины

#### 4.1. Тематический план дисциплины

Наименование разделов и тем	Всего часов	Контактная работа	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
Тема 1. Модель системы управления в пространстве состояний	10	2	2	-	-	8	Опрос, контроль СРС	
Тема 2. Задачи оптимального управления	16	8	4	4	-	8		
Тема 3. Методы классического вариационного исчисления	18	10	4	6	-	8		
Тема 4. Принцип максимума Понтрягина	16	8	4	4	-	8		
Тема 5. Метод динамического программирования	12	4	2	2	-	8		
<b>Зачет</b>							Опрос	
<b>Всего</b>	<b>72</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>40</b>		

#### 4.2. Описание содержания дисциплины

**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 типам 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 быстрого действия.

**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 быстродействия. Теорема об интервалах. Вырожденные и особые задачи.

**Практическое занятие 6. Решение задач с закрепленными концами**

**Практическое занятие 7. Решение задач с максимального быстродействия**

**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.**

1. Изучение теоретического материала, предусмотренного программой и не отраженного в лекциях. Содержание этого материала сообщается преподавателем в конце каждой лекции. 2
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

1. Общая модель объекта управления.
2. Пространство состояний.
3. Уравнения состояния и наблюдения.
4. Переход к модели «управление-отклик».
5. Управляемость и наблюдаемость.
6. Управляемость линейных объектов.
7. Общая постановка задачи оптимального управления. Простейшая модель управления летательным аппаратом.
8. Классификация задач оптимального управления по виду ограничений (задачи классического и неклассического типа, изопериметрические задачи).
9. Классификация задач оптимального управления по виду краевых условий (закрепленные и подвижные концы).
10. Классификация задач оптимального управления по критерию оптимальности (задачи Больца, Лагранжа, Майера).
11. Исключение ограничений в форме неравенств.
12. Исключение изопериметрических ограничений.
13. Множители Лагранжа.
14. Уравнения Эйлера-Лагранжа.
15. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с фиксированными концами.
16. Условия Вейерштрасса-Эрдмана.
17. Условия трансверсальности.
18. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с подвижными концами.
19. Правило множителей Лагранжа для задач оптимального управления с нефиксированным временем.
20. Функция Понтрягина.
21. Сопряженные уравнения.
22. Принцип максимума Понтрягина.
23. Задачи с подвижными концами и нефиксированным временем.
24. Принцип максимума для подвижных концов.
25. Задача максимального быстродействия.
26. Теорема об интервалах.
27. Вырожденные и особые задачи.
28. Инвариантное погружение и функциональное уравнение.
29. Функция Беллмана.
30. Прямое и обратное уравнения Беллмана.
31. Принцип оптимальности. Марковские задачи оптимального управления.
32. Обратный принцип оптимальности.
33. Необходимые условия оптимальности при дифференцируемой функции Беллмана.
34. 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 управление. — М.: Наука, 1979. — 430 с.
4. Атанс М., Фалб П. Оптимальное управление. — М.: Машиностроение, 1968. — 764 с.
5. Болтянский В. Г. Математические методы оптимального управления. — 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 программирования. — Минск: Изд-во БГУ, 1975. — 204 с.
8. Понтрягин Л. С, Болтянский В. Г., Гамкредидзе Р. В., Мищенко Е. Ф. Математическая теория оптимальных процессов. — М.: Физматлит, 1961. — 392 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 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. Самостоятельной работа осуществляется в кабинете самостоятельной работы студентов 7-517 (9 учебных персональных компьютеров, 12 посадочных мест, маркерная аудиторная доска, учебная мебель).