

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

Факультет информационных технологий

Кафедра «Системы управления»

УТВЕРЖДАЮ

Декан ФИТ

 /И.А. Рыбка/

«17» 03 \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Специальные разделы теории оптимального управления»

направление подготовки

27.03.04 «Управление в технических системах»

(уровень бакалавриата)

направленность (профиль)

«Управление и информатика в технических системах»

для очной и заочной форм обучения


Петропавловск-Камчатский,

2021

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».

Составители рабочей программы

Доцент кафедры СУ, доцент, к.ф.-м.н.  
(должность, ученое звание, степень)

  
(подпись)

Водинчар Г.М.  
(Ф.И.О.)

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры систем управления  
Протокол № 8 от «19» 02 2021 г.

«19» 02 2021г.

  
(подпись)

Заведующий кафедрой  
Мерзенико А.А.  
(Ф.И.О.)

## 1. Цели и задачи учебной дисциплины, ее место в учебном процессе

### Цель и задачи изучения дисциплины

Целью дисциплины является изучение методов оптимизации для решения практических задач управления и реализующих их вычислительных алгоритмов. В результате изучения дисциплины студент должен:

- *знать* методы теории оптимального управления;
- *уметь* применять методы теории оптимального управления для решения прикладных задач;
- *владеть* навыками использования методов теории оптимального управления в профессиональной деятельности.

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 выполнять техническое задание на разработку 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 выполнять техническое задание на разработку автоматизированно	ИД-1пк-4: Знает правила составления технического задания на разработку	<b>Знать:</b> методы ТОУ;	З(ПК-4)1
			<b>Уметь:</b> применять методы теории оптимального управления для решения прикладных задач ;	У(ПК-4)1

	<p>й системы управления технологическими процессами</p>	<p>проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами.  <b>ИД-2пк-4:</b> Знает системы автоматизированного проектирования.  <b>ИД-3пк-4:</b> Умеет применять систему автоматизированного проектирования и программу для написания и модификации документов для выполнения графических и текстовых частей технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическими процессами.  <b>ИД-4пк-4:</b> Умеет выполнять расчеты для оформления технического задания на разработку проекта автоматизированной системы управления технологическими</p>	<p><b>Владеть:</b> навыками использования методов теории оптимального управления профессиональной деятельности;</p>	<p><b>В(ПК-4)1</b></p>
--	---	--	---	------------------------

## 2. Содержание дисциплины.

### Тематический план дисциплины (очная форма обучения)

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по
			Лекции	Практические	Лабораторные			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 1.1. Введение. Предмет дисциплины, общий математический аппарат	9	5	2	2		3	Контроль СРС, защита практических работ	
Тема 1.2. Оптимизация функции одной переменной	9	5	3	3		5		
Тема 1.3. Оптимизация функции нескольких переменных	18	8	4	4		10		
Тема 1.4. Вариационное исчисление	18	8	4	4		10		
Тема 1.5. Вариационные задачи на условный экстремум	18	8	4	4		10		
<b>Зачет</b>							Опрос	
	72	34	17	17		38		

### Тематический план дисциплины (заочная форма обучения)

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний по
			Лекции	Практические	Лабораторные			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 1.1. Введение. Предмет дисциплины, общий математический аппарат	13	1	1	-		12	Контроль СРС, защита практических работ	
Тема 1.2. Оптимизация функции одной переменной	14	2	1	1		12		
Тема 1.3. Оптимизация функции нескольких переменных	14	2	1	1		12		
Тема 1.4. Вариационное исчисление	16	2	1	1		12		
Тема 1.5. Вариационные задачи на условный экстремум	15	1	-	1		12		
<b>Зачет</b>				-			Опрос	-
	72	8	4	4		60		

#### Дисциплинарный модуль 1.

**Тема 1.1 Введение.** Предмет дисциплины и ее задачи. Основной математический аппарат теории оптимизации – метрические и нормированные пространства, полнота, компактность, непрерывные отображение, достижение точных граней непрерывной на компакте функцией, метод сжимающих отображений.

**Тема 1.2 Оптимизация функции одной переменной.** Необходимые и достаточные условия экстремума. Одномерная оптимизация. Метод Фибоначчи. Метод золотого сечения.

**Практическое занятие 1.2** Метод Фибоначчи. Метод золотого сечения.

**Тема 1.3 Оптимизация функции нескольких переменных.** Оптимизация функции нескольких переменных. Необходимые условия. Достаточные условия второго порядка. Условная оптимизация при наличии ограничений типа равенств. Метод множителей Лагранжа. Численные методы оптимизации. Методы без использования градиента: метод покоординатного спуска, метод Хука и Дживса, метод Розенброка. Метод градиентного спуска. Метод наискорейшего спуска. Метод сопряженных градиентов. Элементы выпуклого анализа. Выпуклые множества. Выпуклые функции. Критерии выпуклости. Дифференцируемость выпуклых функций. Субградиент. Метод штрафных функций. Сходимость метода штрафных функций. Метод проекции градиента. Метод условного градиента.

**Практическое занятие 1.3** Методы без использования градиента: метод покоординатного спуска, метод Хука и Дживса, метод Розенброка. Метод градиентного спуска. Метод наискорейшего спуска.

**Тема 1.4 Вариационное исчисление.** Вариация функции и ее свойства. Уравнения Эйлера. Основная лемма вариационного исчисления. Функционалы, зависящие от функций нескольких переменных. Функционалы, зависящие от производных высших порядков. Функционалы, зависящие от функций нескольких переменных. Параметрические задачи. Сильный и слабый экстремум. Задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности. Экстремали с угловыми точками. Преломление экстремалей. Односторонние вариации. Поле экстремалей. Уравнение Якоби. Функция Вейерштрасса. Условие Вейерштрасса. Условие Лежандра.

**Практическое занятие 1.4** Задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности. Экстремали с угловыми точками. Преломление экстремалей.

**Тема 1.5 Вариационные задачи на условный экстремум.** Неголономные и голономные связи. Прямые методы. Метод Эйлера. Метод Ритца. Метод Канторовича. Постановка задач оптимального управления. Задача Майера. Задача Больца. Игольчатая вариация. Принцип максимума Понтрягина.

**Практическое занятие 1.5** Прямые методы. Метод Эйлера. Метод Ритца. Метод Канторовича. Постановка задач оптимального управления. Задача Майера. Задача Больца. Игольчатая вариация. Принцип максимума Понтрягина.

**СРС по модулю 1.** Решение индивидуальных заданий по темам практических занятий.

### **3.3 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, кейс-стади, докладов;
- подготовка презентаций для иллюстрации докладов;
- выполнение тестовых заданий;
- подготовка к тестированию;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине.

Основная доля самостоятельной работы обучающихся приходится на подготовку к лабораторным работам и тестированию, тематика которых полностью охватывает

содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к тестированию и лабораторным работам предполагает умение работать с первичной информацией.

Для проведения практических занятий, для самостоятельной работы используется учебно-методические пособия:

#### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине Б1.В.10 «Комбинаторные алгоритмы» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

#### Образовательные и информационные технологии.

Занятия, проводимые в интерактивной форме составляют 19% от аудиторных занятий.

Вид занятия	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
Практические занятия	Совместное решение проблем	5
	Методы извлечения знаний	5
Итого		10

Показатели, критерии оценки сформированности компетенции, шкала оценивания результатов освоения компетенций по уровням освоения.

Уровень освоения	Критерии освоения	Показатели и критерии оценки сформированности компетенции	Шкала оценивания
Продвинутой	<p><i>Компетенция сформирована.</i></p> <p>Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>	<p>Обучаемый демонстрирует способность к полной самостоятельности (допускаются консультации с преподавателем по сопутствующим вопросам) в выборе способа решения неизвестных или нестандартных заданий в рамках учебной дисциплины с использованием <b>знаний, умений и навыков</b>, полученных как в ходе освоения данной учебной дисциплины, так и смежных дисциплин.</p>	«отлично»

<p>Базовый</p>	<p><i>Компетенция сформирована.</i></p> <p>Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка</p> <p>Способность обучающегося продемонстрировать самостоятельное применение <b>знаний, умений и навыков</b> при решении заданий, аналогичных тем, которые представлял преподаватель при потенциальном формировании компетенции, подтверждает наличие сформированной компетенции, причем на более высоком уровне.</p> <p>61-75 баллов.</p>	<p>«хорошо»</p>	
<p>Пороговый</p>	<p><i>Компетенция сформирована.</i></p> <p>Демонстрируется недостаточный уровень самостоятельности практического навыка</p>	<p>Если обучаемый демонстрирует самостоятельность в применении <b>знаний, умений и навыков</b> к решению учебных заданий в полном соответствии с образцом, данным преподавателем, по заданиям, решение которых было показано преподавателем, следует считать, что компетенция сформирована, но ее уровень недостаточно высок.</p>	<p>«удовлетворительно»</p>



Низкий	<p><i>Компетенция не сформирована</i></p> <p>Демонстрируется отсутствие самостоятельности и практического навыка</p>	<p>Неспособность обучаемого самостоятельно продемонстрировать наличие <i>знаний</i> при решении заданий, которые были представлены преподавателем вместе с образцом их решения, отсутствие самостоятельности в применении <i>умения</i> к использованию методов освоения учебной дисциплины и неспособность самостоятельно проявить <i>навык</i> повторения решения поставленной задачи по стандартному образцу свидетельствуют об отсутствии сформированной компетенции.</p>	«неудовлетворительно»
--------	--	---	-----------------------

### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.

Фонд оценочных средств содержит:

1. Перечень вопросов к промежуточной аттестации.
2. Комплект билетов к промежуточной аттестации.

### Перечень вопросов к промежуточной аттестации

- Аксиомы метрики, примеры метрик на различных множествах.
- Открытые, замкнутые и компактные множества.
- Непрерывные отображения.
- Достижение непрерывным отображением точных граней на компакте.
- Сжимающие отображения, теорема о неподвижной точке.
- Нормированные пространства, примеры.
- Оптимизация функции одного переменного.
- Необходимые и достаточные условия экстремума.
- Необходимые условия экстремума функции нескольких переменных.
- Достаточные условия второго порядка. Матрица Гессе.
- Условная оптимизация при наличии ограничений типа равенств.
- Метод множителей Лагранжа.
- Одномерная оптимизация. Метод Фибоначчи.
- Метод золотого сечения.
- Методы покоординатного спуска
- Метод Хука и Дживса
- Метод Розенброка.
- Метод градиентного спуска.
- Метод наискорейшего спуска.
- Метод сопряженных градиентов.
- Элементы выпуклого анализа. Выпуклые множества. Выпуклые функции. Критерии выпуклости.
- Дифференцируемость выпуклых функций.
- Субградиент и его свойства.
- Метод штрафных функций. Сходимость метода штрафных функций.
- Метод проекции градиента.
- Метод условного градиента.
- Вариация функции и ее свойства.
- Уравнения Эйлера.

- Основная лемма вариационного исчисления.
- Уравнения Эйлера для функционалов, зависящих от функций нескольких переменных.
- Функционалы, зависящие от производных высших порядков и условия их экстремума.
- Экстремумы функционалов, зависящих от функций нескольких переменных.
- Параметрические задачи.
- Сильный и слабый экстремум.
- Задачи с подвижными границами.
- Условия трансверсальности.
- Экстремали с угловыми точками.
- Преломление экстремалей.
- Односторонние вариации.
- Поле экстремалей. Уравнение Якоби.
- Функция Вейерштрасса. Условие Вейерштрасса.
- Условие Лежандра.
- Вариационные задачи на условный экстремум. Неголономные и голономные связи.
- Метод Эйлера.
- Метод Ритца.
- Метод Канторовича.
- Постановка задач оптимального управления. Задача Майера.
- Игольчатая вариация.
- Принцип максимума Понтрягина.

#### **Курсовой проект (работа) - нет**

#### **5 Учебно-методические материалы по дисциплине Основная литература**

1. *Розенштейн М.М. Методы оптимизации технических средств рыболовства: учебник, 2015г. (73)*

#### **Дополнительная литература**

1. *Кузьмин Ф.И. Задачи и методы оптимизации показателей надежности, 1972г. (4)*
2. *Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учеб.пособие, 2002г.(1)*

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

1. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. Методы оптимизации. 3-е изд., испр. и доп. Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. – М.: Изд-во Юрайт, 2019. – 367 с. Серия: Бакалавр и магистр. Академический курс.
2. Бирюков Р.С., Городецкий С.Ю., Григорьева С.А., Павлючонок З.Г., Савельев В.П. Методы оптимизации в примерах и задачах. Учебно-методическое пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. - 101 с.

#### *Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»*

1. Среда разработки приложений Visual C++
2. Среда разработки приложений Visual C#
3. Программа визуализации *gnuplot*

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение лабораторных работ, прохождения тестов по каждой из тем, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным (наиболее сложным) специфическим проблемам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации (экзамен).

*Лекции* посвящаются рассмотрению наиболее важных концептуальных вопросов: основным понятиям; теоретическим основам информационной безопасности. В ходе лекций обучающимся следует подготовить конспекты лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины; проверять термины, понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь; обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии.

На лекциях преподаватель знакомит слушателей с основными понятиями и положениями по текущей теме. На лекциях слушатель получает только основной объём информации по теме. Только посещение лекций является недостаточным для подготовки к лабораторным занятиям и экзамену. Требуется также самостоятельная работа по изучению основной и дополнительной литературы и закрепление полученных на лабораторных занятиях навыков.

При изучении дисциплины используются интерактивные методы обучения:

2. проблемная лекция, предполагающая изложение материала через неоднозначность трактовки материалов к вопросам, задачам или ситуациям. При этом процесс познания происходит в научном поиске, диалоге и сотрудничестве с преподавателем в процессе анализа и сравнения точек зрения;
3. лекция-визуализация - подача материала осуществляется средствами технических средств обучения с кратким комментированием демонстрируемых визуальных материалов (презентаций).

Конкретные методики, модели, методы и инструменты защиты данных и обеспечения информационной безопасности рассматриваются преимущественно при подготовке и выполнении лабораторных работ.

Целью выполнения *лабораторных работ* является закрепление знаний обучающихся, полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно. Практические задания по темам выполняются на лабораторных занятиях в компьютерном классе. Если лабораторные занятия пропущены (по уважительной или неуважительной причине), то соответствующие задания необходимо выполнить самостоятельно и представить результаты преподавателю на очередном занятии. Самостоятельная работа студентов – способ активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний, умений и навыков без непосредственного участия в этом процессе преподавателя. Качество получаемых студентом знаний напрямую зависит от качества и количества необходимого доступного материала, а также от желания (мотивации) студента их получить. При обучении осуществляется целенаправленный процесс взаимодействия студента и преподавателя для формирования знаний, умений и навыков.

## ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

При освоении дисциплины используются следующие информационные технологии:

4. использование слайд-презентаций;
5. интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты.

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

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

6. текстовый редактор Microsoft Word;
7. пакет Microsoft Office;
8. электронные таблицы Microsoft Excel;
9. презентационный редактор Microsoft PowerPoint
10. Среда разработки приложений Visual C++
11. Среда разработки приложений Visual C#
12. Программа визуализации gnuplot.

### МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционный материал изучается в специализированной аудитории, оснащенной проектором с видеотерминала персонального компьютера на настенный экран.

Лабораторные работы выполняются в специализированной лаборатории, оснащенной современными персональными компьютерами и программным обеспечением в соответствии с тематикой дисциплины «Комбинаторные алгоритмы».

Число рабочих мест в классах обеспечивает индивидуальную работу студента на отдельном персональном компьютере.

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются:

4. для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации учебная аудитория № 7-518 с комплектом учебной мебели на 25 посадочных мест;
5. для лабораторных работ - лабораторная аудитория № 7-510, оборудованная 10 рабочими станциями с доступом к сети «Интернет» и в электронную информационно-образовательную среду организации и комплектом учебной мебели на 15 посадочных мест.

## 9 ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ

Дополнения и изменения в рабочей программе за \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

В рабочую программу \_\_\_\_\_  
(наименование дисциплины)

для специальности (тей) \_\_\_\_\_  
(номер специальности)

вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес \_\_\_\_\_  
(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_  
(наименование кафедры)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)