

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

Факультет информационных технологий, экономики и управления

Кафедра «Физика и высшая математика»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета информационных  
технологий, экономики и  
управления

 И.А.Рычка

«21» 12 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Методы оптимизации»**

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

профиль:

«Управление и информатика в технических системах»

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах» и учебного плана ФГБОУ ВО «КамчатГТУ».

Составители рабочей программы:

Доцент каф. ФВМ



А.А. Чермошенцева

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Физика и высшая математика»  
Протокол № 7 от «14» декабря 2022 года.

Заведующий кафедрой «Физика и высшая математика»:

«14» декабря 2022 г.



А.И. Задорожный

## 1 Цели и задачи учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины «Методы оптимизации» является формирование у будущих специалистов знаний и умений по применению математического аппарата и математических методов в инженерной практике. Математика является не только мощным средством решения прикладных задач и универсальным языком науки, но также и элементом общей культуры. Поэтому математическое образование следует рассматривать как важнейшую составляющую фундаментальной подготовки специалиста.

Целью математического образования специалиста является:

– Воспитание достаточно высокой математической культуры;

– Привитие навыков современных видов математического мышления;

– Привитие навыков использования математических методов и основ математического моделирования в практической деятельности.

## 2 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-4 – Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов

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 идентификатора	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ОПК-4	Способен осуществлять оценку эффективности систем управления, разработанных на основе математических методов	Ид-2 <sub>ОПК-4</sub> Умеет осуществлять оценку эффективности систем управления	<b>Знать:</b> основные факты, понятия, определения и теоремы методов оптимизации и вариационного исчисления. Постановки и основные методы решения задач одномерной и многомерной оптимизации	З(ОПК-4)1
			<b>Уметь:</b> применять теоретические знания для решения задач, применять оптимизационные и управленческие алгоритмы, выполнять основные математические расчеты, составлять и решать простейшие математические модели, адаптировать решения для вычислительной техники	У(ОПК-4)1

		<b>Владеть:</b> методами решения математических задач и методами построения моделей	В(ОПК-4)1
--	--	---	-----------

### 3 Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Методы оптимизации» относится к обязательной части в структуре основной образовательной программы.

## 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 по дисциплине
			Лекции	Семинары (практические занятия)	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 1. "Вводная лекция. Основы теории оптимизации. Методы одномерной оптимизации."	15	7	2	5		8	Опрос, решение задач	
Тема 2. "Методы многомерной оптимизации."	15	7	2	5		8	Опрос, решение задач	
Тема 3. "Математическое программирование."	15	7	2	5		8	Опрос, решение задач	
Тема 4. "Линейное программирование (продолжение). Транспортная задача."	15	7	2	5		8	Опрос, решение задач	
Тема 5. "Целочисленное программирование. Выпуклое и параметрическое программирование."	15	7	3	4		8	Опрос, решение задач	
Тема 6. "Динамическое программирование."	16	8	3	5		8	Опрос, решение задач	
Тема 7. "Численные методы оптимизации."	17	8	3	5		9	Опрос, решение задач	
Экзамен								
Всего	108	51	17	34		57		

### 4.2 Тематический план дисциплины для заочной формы обучения

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			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 1. "Вводная лекция. Основы теории оптимизации. Методы одномерной оптимизации."	14	1	1			13	Опрос, решение задач	
Тема 2. "Методы многомерной оптимизации."	15	2	1	1		13	Опрос, решение задач	
Тема 3. "Математическое программирование."	15	2	1	1		13	Опрос, решение задач	
Тема 4. "Линейное программирование (продолжение). Транспортная задача."	15	2	1	1		13	Опрос, решение задач	
Тема 5. "Целочисленное программирование. Выпуклое и параметрическое программирование."	15	1		1		14	Опрос, решение задач	
Тема 6. "Динамическое программирование."	15	1		1		14	Опрос, решение задач	
Тема 7. "Численные методы оптимизации."	15	1		1		14	Опрос, решение задач	
Дифференцированный зачет	4							4
Всего	108	10	4	6		94		4

### 4.3 Содержание дисциплины

#### Тема 1. "Вводная лекция. Основы теории оптимизации. Методы одномерной оптимизации."

##### Лекция

Задачи оптимизации: постановка и классификация, существование оптимального решения. Прямые условия оптимальности. Понятия о методах оптимизации. Классификация методов оптимизации. Примеры задач из области оптимизации.

Экстремумы функции одной переменной. Необходимые и достаточные условия существования экстремума. Наибольшее и наименьшее значение функции. Задачи одномерной оптимизации.

*Основные понятия темы:* задачи методов оптимизации, примеры задач из методов оптимизации

##### Практическое занятие

*Форма занятия: решение типовых задач*

*Задания:*

Решение задач №№ 1053, 1054, 1070-1079 из [3].

## **Тема 2. "Методы многомерной оптимизации."**

*Лекция*

Экстремумы функции многих переменных. Условия первого и второго порядков. Квадратические формы. Условия положительной определенности квадратических форм. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функций нескольких переменных. Матрица Гессе, критерий Сильвестрона. Задачи. Условная и безусловная оптимизация. Метод множителей Лагранжа.

*Основные понятия темы: условия первого и второго порядков*

*Практическое занятие*

*Форма занятия: решение типовых задач*

*Задания:*

Решение задач №№ 1305-1327 из [3].

## **Тема 3. "Математическое программирование."**

*Лекция*

Постановка задачи математического программирования. Задачи линейного программирования. Формализация задачи. Методы решения задач линейного программирования: графический, симплекс-метод, симплекс-таблицы.

*Основные понятия темы: линейное программирование*

*Практическое занятие*

*Форма занятия: решение типовых задач*

*Задания:*

Решение задач №№ 1728-1755 из [3].

## **Тема 4. "Линейное программирование (продолжение). Транспортная задача."**

*Лекция:*

Понятие о вырожденном решении. Двойственность. Решение. Постановка задачи. Методы построения первоначального опорного плана. Методы проверки оптимальности найденного решения. Открытая и закрытая задачи.

*Основные понятия темы: транспортная задача*

*Практическое занятие*

*Форма занятия: решение типовых задач*

*Задания:*

Решение задач №№ 1762-1766 из [3].

## **Тема 5. "Целочисленное программирование. Выпуклое и параметрическое программирование."**

### *Лекция*

Задачи целочисленного линейного программирования. Постановка задачи целочисленного программирования. Метод отсечения. Метод Гомори. Метод ветвей и границ. Постановка задачи выпуклого программирования. Приближенное решение задачи выпуклого программирования методом кусочно-линейной аппроксимации. Методы спуска. Приближенное решение задачи выпуклого программирования градиентным методом. Понятие о параметрическом и стохастическом программировании.

*Основные понятия темы:* целочисленное программирование

*Практическое занятие*

*Форма занятия:* Миниконференция

*Примерные темы докладов:*

- Задачи целочисленного линейного программирования.
- Постановка задачи целочисленного программирования.
- Метод отсечения. Пример реализации метода.
- Метод Гомори. Пример реализации метода.
- Метод ветвей и границ. Пример реализации метода.

## **Тема 6. "Динамическое программирование."**

### *Лекция:*

Задачи динамического программирования. Общая постановка. Принцип оптимальности и уравнение Беллмана. Задача о распределении средств между предприятиями. Общая схема применения метода динамического программирования. Задача об оптимальном распределении ресурсов. Задача о замене оборудования. Оптимизация на графах. Простейшая задача вариационного исчисления. Уравнение Эйлера.

*Основные понятия темы:* динамическое программирование

*Практическое занятие*

*Форма занятия:* Миниконференция

- Примерные темы докладов:
- Задачи динамического программирования.
- Принцип оптимальности и уравнение Беллмана.
- Задача о распределении средств между предприятиями
- Задача об оптимальном распределении ресурсов.
- Задача о замене оборудования.
- Оптимизация на графах.
- Простейшая задача вариационного исчисления.

## **Тема 7. "Численные методы оптимизации."**

### *Лекция*

Условный и безусловный экстремум. Поиск минимума. Золотое сечение. Метод парабол. Минимум функции многих переменных: спуск по координатам, наискорейший

спуск, метод оврагов, сопряженные направления. Методы дихотомии, Фибоначчи, «золотого сечения». Методы поиска с использованием квадратичной аппроксимации, метод кубической аппроксимации. Многомерная оптимизация без ограничений. Модели и условия сходимости численных методов. Градиентные и квазиньютоновские методы. Методы сопряженных градиентов.

*Основные понятия темы:* численные методы оптимизации

*Практическое занятие*

*Форма занятия:* решение типовых задач

*Задания:*

Решение задач из [3].

### **СРС**

Изучение учебной литературы [1], [2], [3], [4], [5], [6]

Решение задач по темам

Подготовка к модульному контролю

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

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

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;
- подготовка к практическим (семинарским) занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- выполнение домашних заданий в форме творческих заданий, кейс-стадии, докладов;
- подготовка презентаций для иллюстрации докладов;
- выполнение контрольной работы, если предусмотрена учебным планом дисциплины;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине (экзамен).

Основная доля самостоятельной работы студентов приходится на проработку рекомендованной литературы с целью освоения теоретического курса, подготовку к практическим (семинарским) занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к семинарским занятиям предполагает умение работать с первичной информацией.

## **6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **6.1 Структура фонда оценочных средств**

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

— перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образования  
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.

## **6.2 Перечень вопросов к промежуточной аттестации.**

1. Оптимизация функции одного переменного.
2. Необходимые и достаточные условия экстремума.
3. Общая характеристическая теорема.
4. Необходимые условия экстремума функции нескольких переменных.
5. Достаточные условия второго порядка. Матрица Гессе.
6. Условная оптимизация при наличии ограничений типа равенств.
7. Метод множителей Лагранжа.
8. Одномерная оптимизация. Метод Фибоначчи.
9. Метод золотого сечения.
10. Методы покоординатного спуска
11. Метод Хука и Дживса
12. Метод Розенброка.
13. Метод градиентного спуска.
14. Метод наискорейшего спуска.
15. Метод сопряженных градиентов.
16. Элементы выпуклого анализа. Выпуклые множества. Выпуклые функции.

Критерии выпуклости.

17. Дифференцируемость выпуклых функций.
18. Субградиент и его свойства.
19. Метод штрафных функций. Сходимость метода штрафных функций.
20. Метод проекции градиента.
21. Метод условного градиента.
22. Вариация функции и ее свойства.
23. Уравнения Эйлера.
24. Основная лемма вариационного исчисления.
25. Уравнения Эйлера для функционалов, зависящих от функций нескольких переменных.
26. Функционалы, зависящие от производных высших порядков и условия их экстремума.
27. Экстремумы функционалов, зависящих от функций нескольких переменных.
28. Параметрические задачи.
29. Сильный и слабый экстремум.
30. Задачи с подвижными границами.
31. Условия трансверсальности.
32. Экстремали с угловыми точками.
33. Преломление экстремалей.
34. Односторонние вариации.
35. Поле экстремалей. Уравнение Якоби.
36. Функция Вейерштрасса. Условие Вейерштрасса.
37. Условие Лежандра.
38. Вариационные задачи на условный экстремум. Неголономные и голономные связи.

39. Метод Эйлера.
40. Метод Ритца.
41. Метод Канторовича.
42. Постановка задач оптимального управления. Задача Майера.
43. Игольчатая вариация.
44. Принцип максимума Понтрягина.
45. Задача синтеза оптимального управления.

## **7 Рекомендуемая литература**

### **7.1 Основная литература**

1. Аттетков А.В. Методы оптимизации: учебник - М: МГТУ им. Баумана, 2001. - 440 с.
2. Ванько В.И., Ермошина О.В., Кувыркин Г.Н. Вариационное исчисление и оптимальное управление: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - 3-е изд., исправл. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006.

### **7.2 Дополнительная литература**

3. Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнениях и задачах: учеб. пособие: в 2 ч. – М.: Высшая школа, 1999
4. Таха Х.А., Хемди А. Введение в исследование операций. – М.: Издательский дом Вильямс, 2005
5. Волков И.К. Исследование операций: учебник. - М.: МГТУ им. Баумана, 2002. – 436 с.

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

1. Библиотека «Либертариума»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.libertarium.ru/library/>
2. Электронно-библиотечная система «ЛАНЬ»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным (наиболее сложным) специфическим проблемам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации (экзамен и дифференцированный зачет).

Лекции посвящаются рассмотрению основным понятиям, наиболее важных теоретических вопросов. В ходе лекций студентам следует подготовить конспекты лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины; 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, на практическом занятии.

Целью проведения практических занятий является закрепление знаний студентов, полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно. Во время практических занятий решаются задачи по рассматриваемым в курсе лекций темам,

применяются основные понятия, теоремы, свойства. Студент должен научиться решать базовые задачи по каждой теме, а также применять полученные навыки для решения реальных прикладных задач

При изучении дисциплины используются интерактивные методы обучения, например, лекция-визуализация, предполагающая подачу материала с использованием технических средств обучения с краткими комментариями демонстрируемых материалов (презентаций).

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем**

### ***10.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса***

- электронные образовательные ресурсы;
- использование слайд-презентаций;
- интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством Интернет, используя социальные сети, специализированные программы (например, zoom), а также электронной почты;
- использование электронной информационно-образовательной среды.

### ***10.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса***

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

1. операционные системы Astra Linux (или иная операционная система, включенная в реестр отечественного программного обеспечения);
2. комплект офисных программ Р-7 Офис (в составе текстового процессора, программы работы с электронными таблицами, программные средства редактирования и демонстрации презентаций);
3. программа проверки текстов на предмет заимствования «Антиплагиат».

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

На кафедре имеется 4 аудитории для проведения лекционных и практических занятий.