

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 26.06.2023 14:15:20  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Информационно-управляющие  
системы»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)»**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

ДИСЦИПЛИНЫ

**«МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

09.03.02 «Информационные системы и технологии»

по профилю

**«Информационно-управляющие системы»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доцент, к.т.н., доцент Пирог В.П.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ИС  
21.02.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФКТИ, 24.02.2022, протокол № 2

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФКТИ
Обеспечивающая кафедра	ИС
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	4
Курс	4
Семестр	7
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	34
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	69
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	75
Всего (академ. часов)	144
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Дифф. зачет (семестр)	7

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ»**

Рассматривается классификация задач и методов оптимизации, постановка задачи оптимизации, математические модели основных классов оптимизационных задач. Изучаются классические методы отыскания экстремумов функций и численные методы минимизации функций без ограничений. Изучаются методы решения общих задач линейного программирования и транспортных задач линейного программирования по критерию стоимости. Рассматриваются усложненные постановки транспортных задач в матричной постановке, а также транспортные сети и другие основные задачи на графах. Изучаются условия оптимальности и численные методы оптимизации задач нелинейного программирования с ограничениями. Рассматриваются решения динамических оптимизационных задач методом динамического программирования.

### **SUBJECT SUMMARY**

### **«OPTIMIZATION METHODS»**

Problems classification, optimization methods and mathematical models of the basic classes of tasks are considered. Classical methods of search functions extrema and numerical methods of minimization of functions without restrictions are discussed. Optimization methods of the common tasks of linear programming and transport tasks of linear programming by criterion of cost are studied. The complicated statements of transport problems in matrix statement, and also transport networks and other tasks in networks are examined. Optimality conditions and numerical methods of nonlinear programming optimization problems with restrictions are studied. Decisions of dynamic optimization problems are considered by a method of dynamic programming.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

1. Целью освоения дисциплины "Методы оптимизации" является приобретение студентами теоретических знаний в области математического аппарата формализованных оптимизационных задач и алгоритмов их решения и формирование умений и практических навыков для решения практических задач.

2. Задачами изучения дисциплины являются:

-приобретение базовых знаний по методам и алгоритмам решения оптимизационных задач;

-формирование умений и практических навыков использования методов и алгоритмов решения оптимизационных задач;

-освоение студентами навыков применения методов и алгоритмов оптимизации в избранной сфере деятельности.

3. Получение студентами знаний об основных классах оптимизационных задач и методах решения экстремальных задач в нормированных пространствах, рассмотрение возможностей и путей использования методов оптимизации в избранной сфере деятельности.

4. Развитие у студентов умений создавать математические модели для оптимизационных задач разных классов и использовать аналитические и численные методы при решении оптимизационных задач.

5. Формирование у студентов практических навыков решения оптимизационных задач в избранной сфере деятельности.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Алгебра и геометрия»
2. «Математический анализ»
3. «Программирование»
4. «Дискретная математика и теоретическая информатика»
5. «Математическая логика и теория алгоритмов»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Теория принятия решений»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-2	Способен обосновывать правильность выбранных моделей, способов и методов для проведения исследований на всех этапах жизненного цикла программных средств
<i>ПК-2.1</i>	<i>Знает основные модели, способы, методики и методы проведения исследований на всех этапах жизненного цикла программных средств</i>
<i>ПК-2.2</i>	<i>Умеет проводить сравнительный анализ различных объектов</i>

## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Введение	1			
2	Формализованная постановка задачи оптимизации				10
3	Общие методы линейного программирования	6	8	1	23
4	Задачи линейного программирования транспортного типа	4	4		12
5	Транспортные сети и другие задачи на графах		4		12
6	Классические методы отыскания экстремума функций	3	4		
7	Численные методы минимизации функций без ограничений	7	4		
8	Задачи нелинейного программирования с ограничениями	4	2		
9	Численные методы решения задач нелинейного программирования с ограничениями	6	8		
10	Динамическое программирование	2			18
11	Заключение	1			
	Итого, ач	34	34	1	75
	Из них ач на контроль	0	0	0	0
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	144/4			

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Введение	Предмет курса и его задачи. Краткий исторический обзор. Значение и роль методов оптимизации в задачах построения систем управления, а также в области совершенствования экономических процессов в народном хозяйстве. Структура и содержание курса, его связь с другими дисциплинами учебного плана и место в подготовке дипломированного специалиста.
2	Формализованная постановка задачи оптимизации	Классификация задач и методов оптимизации. Система обозначений. Выпуклые множества. Выпуклые функции. Постановка задачи оптимизации. Математические модели основных классов оптимизационных задач. Примеры задач оптимизации.



№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Общие методы линейного программирования	Постановка общей задачи линейного программирования. Каноническая форма задачи. Основные свойства задачи линейного программирования и области ее определения. Геометрический метод решения задач линейного программирования. Прямая и двойственная задачи. Теоремы двойственности, свойства взаимно двойственных задач, критерий оптимальности плана задачи линейного программирования. Общая схема решения задачи линейного программирования. Признак оптимальности опорного плана. Базисные и допустимые базисные решения. Модифицированные жордановы исключения. Алгебраические основы метода последовательного улучшения плана. Алгоритм метода. Вырожденность. Отыскание начальных опорных планов, метод искусственного базиса. М-метод. Двойственный метод последовательного улучшения плана. Другие методы. Сравнительная оценка методов решения общей задачи линейного программирования.
4	Задачи линейного программирования транспортного типа	Понятие о транспортной задаче линейного программирования по критерию стоимости в матричной постановке. Циклы в транспортной матрице. Свойства транспортной задачи. Связь между переменными задачи. Распределительный метод. Метод потенциалов. Методы построения первого допустимого базисного решения транспортной задачи. Транспортные задачи с ограничениями на пропускные способности. Другие усложненные постановки транспортных задач и методы их решения, распределительные задачи. Транспортные задачи по критерию времени.
5	Транспортные сети и другие задачи на графах	Основные понятия о графах и сетях. Сетевая модель транспортной задачи. Модель с промежуточными пунктами. Свойства потока в сети. Задача о максимальном потоке. Метод Форда-Фалкерсона. Кратчайшие цепи и потоки минимальной стоимости. Линейная сетевая задача. Методы решения сетевых задач.
6	Классические методы отыскания экстремума функций	Минимизация одномерных и многомерных функций без ограничений. Необходимые и достаточные условия экстремума. Классическая задача условной оптимизации. Стратегические седловые точки.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
7	Численные методы минимизации функций без ограничений	Понятие о численных методах оптимизации. Методы поиска экстремума функций одной переменной: одномерный пассивный поиск; прямой последовательный поиск -методы дихотомии, Фибоначчи, золотого сечения, квадратичной аппроксимации; методы одномерной оптимизации с использованием производных. Оптимизация многомерных функций: эвристические методы прямого поиска и сопряженных направлений; градиентные методы и методы второго порядка и сопряженных градиентов. Оценка скорости сходимости различных методов.
8	Задачи нелинейного программирования с ограничениями	Понятие о нелинейных задачах математического программирования. Условия регулярности. Теорема Куна-Таккера. Метод неопределенных множителей Лагранжа для задач с ограничениями общего вида. Общая теорема математического программирования, необходимые и достаточные условия оптимальности.
9	Численные методы решения задач нелинейного программирования с ограничениями	Метод кусочно-линейной аппроксимации. Квадратичное программирование. Методы решения задач квадратичного программирования. Градиентные методы: метод проекции градиента, метод допустимых направлений. Методы штрафных и барьерных функций. Методы случайного поиска.
10	Динамическое программирование	Постановка задачи оптимального управления. Многошаговые процессы, принцип оптимальности динамического программирования. Метод динамического программирования для дискретных систем. Метод динамического программирования для непрерывных систем. Решение задач распределения ресурсов методом динамического программирования. Решение комбинаторных задач методом динамического программирования. Динамическое программирование в задачах управления.
11	Заключение	Роль вычислительной техники и специализированного программного обеспечения для решения оптимизационных задач.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

## 4.3 Перечень практических занятий

Наименование практических занятий	Количество ауд. часов
1. Модифицированные жордановы исключения.	4

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
2. Графический метод решения задач линейного программирования.	2
3. Методы решения общей задачи линейного программирования.	4
4. Методы решения стандартных транспортных задач линейного программирования.	4
5. Решение задач на сети.	4
6. Классические методы оптимизации. Методы решения одномерных нелинейных задач без ограничений.	6
7. Методы решения многомерных нелинейных задач без ограничений.	4
8. Методы решения нелинейных задач с ограничениями.	6
Итого	34

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной работы, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

##### ***В случае применения ДОТ с заменой аудиторных занятий:***

Самостоятельной записи на курс нет. Студент заходит на курс, используя логин/пароль от единой учетной записи университета (единый логин и пароль). Каждую неделю будет доступна новая тема курса: видеолекции, кратко раскрывающие содержание каждой темы, презентации и конспекты, с которыми обучающиеся смогут ознакомиться в любое удобное время. Все темы включают практические занятия, которые предусматривают самостоятельное выполнение заданий. Рекомендуем изучать материал последовательно, что существенно об-

легчит работу. У каждого контрольного задания имеется своя форма (тест или практическое задание) есть срок выполнения (окончательный срок), по истечении которого даже правильные ответы система принимать не будет! В расписании курса указан окончательный срок каждого задания, который варьируется от двух до четырех недель в зависимости от его сложности. Весь учебный курс рассчитан на 16 недель. Его итоги будут подведены в течение нескольких недель после его окончания.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	30
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	15
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	30
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>75</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библ.
Основная литература		
1	Волков, Николай Васильевич. Методы и алгоритмы решения линейных оптимизационных задач [Текст] : учеб.пособие / Н.В. Волков, Н.Г. Мустафин, В.П. Пирог, 1983. -64 с.	неогр.
2	Математическое программирование [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. Е. Марлей [и др.], 2013. -1 эл. опт. диск (CD-ROM)	неогр.
3	Мустафин, Николай Габдрахманович. Методы и алгоритмы решения нелинейных оптимизационных задач [Текст] : учеб. пособие / Н.Г. Мустафин, 1990. -62 с.	138
4	Мустафин, Николай Габдрахманович. Задачник по курсу ”Методы оптимизации” [Текст] : учеб. пособие / Н.Г. Мустафин, В.П. Пирог, В.Д. Родионов, 1978. -61 с.	185
Дополнительная литература		
1	Пантелеев, Андрей Владимирович. Методы оптимизации в примерах и задачах [Текст] : Учеб. пособие для втузов / А.В.Пантелеев, Т.А.Летова, 2002. -544 с.	42
2	Аттетков, Александр Владимирович. Методы оптимизации [Текст] : учеб. для втузов / А.В.Аттетков, С.В.Галкин, В.С.Зарубин; Под ред. В.С.Зарубина, А.П.Крищенко, 2001. -439 с.	46

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Пантелеев, А. В. Методы оптимизации в примерах и задачах : учебное пособие / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. — 4-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. <a href="https://e.lanbook.com/book/212129">https://e.lanbook.com/book/212129</a>

### 5.3 Адрес сайта курса

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=13254>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Методы оптимизации» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: зачет с оценкой.

#### Зачет с оценкой

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

## Особенности допуска

К дифф.зачету допускаются все студенты, посетившие не менее 80% лекционных занятий и не менее 80% практических занятий и принимавшие активное участие в решении задач на практических занятиях. Дифф.зачет проходит по билетам с двумя вопросами.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к дифф.зачету

№ п/п	Описание
1	Выпуклые множества: определение, выпуклая линейная комбинация и ее свойства
2	Выпуклые множества: пересечение множеств, типы множеств, внутренние и граничные точки
3	Выпуклые функции: определения, свойство линейной формы
4	Выпуклые функции: определения, свойство суммы выпуклых функций
5	Выпуклые функции: признак выпуклости дифференцируемой функции.
6	Классы задач оптимизации: линейного программирования с примерами
7	Классы задач оптимизации: квадратичного программирования
8	Классы задач оптимизации: дискретного программирования
9	Классы задач оптимизации: оптимального управления.
10	Классическая задача условной оптимизации
11	метод неопределенных множителей Лагранжа. (необходимые условия экстремума)
12	Принцип минимакса, расстановка экспериментов при пассивном поиске
13	метод дихотомии, эвристический алгоритм Свенна.
14	Метод Фибоначчи, метод золотого сечения.
15	Метод поиска по симплексу.
16	Метод наискорейшего спуска
17	метод покоординатного спуска
18	сходимость градиентных методов
19	Теорема Куна-Таккера
20	Развитие и обобщение метода Лагранжа
21	общая теорема математического программирования.
22	M-метод.
23	Двойственный метод последовательного улучшения плана.
24	Метод потенциалов для решения транспортной задачи в матричной постановке.
25	Методы получения первого допустимого базисного решения для транспортной задачи.



## **Форма билета**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### **БИЛЕТ № 1**

Дисциплина **Методы оптимизации** ФКТИ

1. Метод наискорейшего спуска
2. Выпуклые множества: пересечение множеств, типы множеств, внутренние и граничные точки

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.В.Цехановский

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
1		
2		Практическая работа
3	Общие методы линейного программирования	
4		
5		Практическая работа
6	Задачи линейного программирования транспортного типа	
7		Практическая работа
8	Транспортные сети и другие задачи на графах	Практическая работа
9	Классические методы отыскания экстремума функций	
10		Практическая работа
11	Численные методы минимизации функций без ограничений	
12		
13		Практическая работа
14	Задачи нелинейного программирования с ограничениями	Практическая работа
15	Численные методы решения задач нелинейного программирования с ограничениями	
16		
17		Практическая работа

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск к дифф зачету.

#### на практических (семинарских) занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск к дифф зачету.

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

#### самостоятельной работы студентов

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя. Доска. Экран, проектор не обязательны	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя. Доска.	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>