



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Линейное и нелинейное программирование

направление подготовки/специальность 01.03.02 Прикладная математика и информатика

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Прикладная математика и информатика

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2021

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

- получение обучающимися теоретических знаний по методам оптимизации и практических навыков построения формализованных математических моделей оптимальных решений и овладение методами их реализации с использованием компьютерных технологий;
- понимание различных проблем, связанных с теорией управления, хозяйственной деятельностью и экономической теорией, которые связаны с решением задач оптимизации;
- изучение методов решения задач оптимизации, их алгоритмов и основных численных методов, применяемых при решении задач линейного и нелинейного программирования.
- освоение «методов оптимизации», которые служат основой для практической реализации задач, встречающихся в теории управления, планирования, а также при решении других разнообразных проблем, связанных с принятием решения.
- ознакомление с основными типами математических моделей, используемых при принятии оптимальных управленческих решений, с типизацией и классификацией оптимизационных моделей, задач, методов;
- формирование теоретических и практических навыков формализованного описания задач оптимизации, построения оптимизационных моделей, применения математических методов для их анализа, интерпретации результатов решения;
- формирование навыков квалифицированного применения изученных методов для решения прикладных задач экономического содержания;
- ознакомление с современными инструментальными средствами, применяемыми для решения задач оптимизации систем.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.2 Использует методы математического анализа и моделирования, теоретического исследования для решения сформулированной задачи профессиональной деятельности	<b>знает</b> - теоретические основы оптимизационных задач; - методы решения задач оптимизации. <b>умеет</b> - ставить и формулировать задачи оптимизации для технических, экономических и др. проектов; - применять математические методы и вычислительную технику для решения практических задач; - использовать типовые программные продукты. <b>владеет навыками</b> - самостоятельной научно-исследовательской и инженерной работы; - применения численных методов решения задач.

ОПК-4 Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-4.3 Составляет алгоритм решения сформулированной задачи	<b>знает</b> - численные алгоритмы математического программирования. <b>умеет</b> - разрабатывать алгоритмы решения задач математического программирования. <b>владеет навыками</b> - отладки алгоритмов оптимизации.
---	---	--

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.О.32 основной профессиональной образовательной программы 01.03.02 Прикладная математика и информатика и относится к обязательной части учебного плана.

Численные методы

Знать:

- линейную алгебру и математический анализ
- основы работы с ПК;
- современные принципы алгоритмизации и структуры программ, реализующих базовые численные методы.

Алгоритмы и алгоритмические языки

Уметь:

- определять возможности применения теоретических положений и методов информатики для постановки и решения конкретных прикладных задач;
- использовать алгоритмические приемы решения стандартных задач;
- анализировать поставленную задачу, строить математическую модель, интерпретировать полученное решение

Владеть:

- стандартными методами и моделями решения прикладных задач;
- навыками работы с наиболее распространенными пакетами прикладных программ.

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Выполнение и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-9.4, УК-9.5, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-1.4, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-4.4, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)- 1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)- 1.5

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			5
<b>Контактная работа</b>	64		64
Лекционные занятия (Лек)	32	0	32
Практические занятия (Пр)	32	0	32
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	0,5		0,5
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1		1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25		0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
<b>Часы на контроль</b>	26,75		26,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	51,75		51,75
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	144		144
<b>зачетные единицы:</b>	4		4

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Линейное и нелинейное программирование										
1.1.	Введение. Общая постановка задачи.	5	2		3				5	ОПК-4.3, ОПК-1.2	
1.2.	Линейное программирование, симплекс метод.	5	2		2			8	12	ОПК-4.3, ОПК-1.2	
1.3.	Двойственная задача линейного программирования.	5	3		2			8,75	13,75	ОПК-4.3, ОПК-1.2	
1.4.	Анализ чувствительности.	5	3		3			4	10	ОПК-4.3, ОПК-1.2	
1.5.	Транспортная задача.	5	3		3			4	10	ОПК-4.3, ОПК-1.2	
1.6.	Основы классической теории оптимизации.	5	3		3			4	10	ОПК-4.3, ОПК-1.2	

1.7.	Выпуклые модели оптимизации.	5	3		3				6	12	ОПК-4.3, ОПК-1.2
1.8.	Численные методы оптимизации.	5	3		3				4	10	ОПК-4.3, ОПК-1.2
1.9.	Целочисленное программирование.	5	3		3				5	11	ОПК-4.3, ОПК-1.2
1.10.	Многокритериальная задача линейной оптимизации.	5	3		3				4	10	ОПК-4.3, ОПК-1.2
1.11.	Сетевое планирование.	5	4		4				4	12	ОПК-4.3, ОПК-1.2
2.	2 раздел. Иная контактная работа										
2.1.	Иная контактная работа	5								1,25	ОПК-4.3, ОПК-1.2
3.	3 раздел. Контроль										
3.1.	Экзамен	5								27	ОПК-4.3, ОПК-1.2

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций									
1	Введение. Общая постановка задачи.	Введение. Общая постановка задачи. Введение в задачи оптимизации. Классификация задач математического программирования. Историческая справка. Принципы составления математической модели. Примеры задач оптимизации. Решение задачи оптимизации в рамках MSExcel.									
2	Линейное программирование, симплекс метод.	Линейное программирование, симплекс метод. Математическая форма записи задачи линейного программирования. Графическое решение задачи оптимизации. Симплекс-метод - основной метод решения задачи линейного программирования. Определение первого базисного решения в задаче линейного программирования методом штрафа и двухэтапным методом. Табличный алгоритм симплекс-метода. Альтернативный табличный алгоритм симплекс-метода.									
3	Двойственная задача линейного программирования.	Двойственная задача линейного программирования. Построение двойственной задачи. Оценка оптимального значения целевой функции. Условия существования оптимального решения. Теоремы двойственности. Вычисление решения двойственной задачи по прямой и наоборот. Экономическая интерпретация переменных двойственной задачи. Двойственный симплекс-метод. Введение дополнительного ограничения.									
4	Анализ чувствительности.	Анализ чувствительности. Цель анализа чувствительности. Статус ресурса. Изменение запаса ресурса. Ценность ресурса. Изменение коэффициентов целевой функции.									
5	Транспортная задача.	Транспортная задача. Постановка задачи. Сбалансированная и несбалансированная транспортная задачи. Определение первого базисного плана методом северо-западного угла, методом минимального элемента и методом Фогеля. Вырожденный опорный план. Цикл пересчета в транспортной задаче и метод потенциалов. Транспортная задача с неправильным балансом. Транспортная задача по критерию времени. Транспортная модель с промежуточными пунктами.									

		Многопродуктовая транспортная модель. Задача о назначениях как транспортная задача.
6	Основы классической теории оптимизации.	Основы классической теории оптимизации. Экстремум функции. Постановка задачи оптимизации. Условия существования безусловного экстремума. Классическая задача условной оптимизации. Метод множителей Лагранжа. Экономическая интерпретация множителей Лагранжа. Метод Якоби. Анализ чувствительности методом Якоби.
7	Выпуклые модели оптимизации.	Выпуклые модели оптимизации. Выпуклое множество. Выпуклая и вогнутая функции. Выпуклая задача оптимизации. Алгоритм решения простых задач. Необходимые и достаточные условия Куна–Таккера. Основы теории двойственности. Выпуклая задача квадратичной оптимизации.
8	Численные методы оптимизации.	Численные методы оптимизации. Контроль точности. Идея градиентных методов. Метод наискорейшего спуска (метод градиента). Метод покоординатного спуска (метод релаксации). Метод Ньютона–Рафсона. Метод сопряженных направлений. Метод штрафных и барьерных функций.
9	Целочисленное программирование.	Целочисленное программирование. Методы решения задач целочисленного программирования. Алгоритмы, реализующие метод отсекающих плоскостей. Метод ветвей и границ. Частичный перебор в задачах с булевыми переменными.
10	Многокритериальная задача линейной оптимизации.	Многокритериальная задача линейной оптимизации. Постановка задачи. Метод компромиссного решения. Метод последовательных уступок. Метод равных отклонений. Метод весовых оценок критериев (метод экспертных оценок). Примеры решения многокритериальной линейной задачи.
11	Сетевое планирование.	Сетевое планирование. Задача планирования комплекса работ – постановка задачи. Прямая и обратная задачи. Структурная таблица. Ранг работы. Упорядочивание структурной таблицы. Сетевой граф работа-вершина. Сетевой граф вершина-событие. Диаграмм Ганта – временной сетевой граф, построенный на основе графа работа-вершина: критический путь, критические и некритические работы, критическое время выполнения комплекса работ, резервы времени работ, раннее время начала работы, позднее время завершения работы. Временной сетевой граф, построенный на основе графа вершина-событие: событие, резерв времени события, ранний срок свершения события, поздний срок свершения события, резерв времени работы, свободный резерв времени работы. Формальная запись задачи сетевого планирования. Задачи оптимизации плана комплекса работ.

## 5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Введение. Общая постановка задачи.	Введение. Общая постановка задачи. Различные примеры задач математического программирования.
2	Линейное программирование, симплекс метод.	Линейное программирование, симплекс метод. Составление линейной математической модели оптимизации. Использование MSExcel для решения задач оптимизации. Графическое решение задачи линейной оптимизации. Симплекс- метод: алгебраический подход. Симплекс-метод: табличный

		алгоритм.
3	Двойственная задача линейного программирования.	Двойственная задача линейного программирования. Построение двойственной задачи. Определения решения двойственной задачи по прямой и наоборот. Двойственный симплекс- метод. Введение дополнительного ограничения.
4	Анализ чувствительности.	Анализ чувствительности. Определение статуса ресурса, изменение запаса ресурса. Определение ценности ресурса. Изменение коэффициентов целевой функции.
5	Транспортная задача.	Транспортная задача. Построение математической модели транспортной задачи. Балансировка транспортной модели. Определения начального базисного решения методом северо-западного угла, методом минимального элемента и методом Фогеля. Устранение вырождения решения в начальном базисном плане. Метод потенциалов. Транспортная задача по критерию времени.
6	Основы классической теории оптимизации.	Основы классической теории оптимизации. Определение безусловного экстремума функции на основе необходимых и достаточных условий. Определение условного экстремума функции на основе метода множителей Лагранжа, анализ чувствительности. Определение условного экстремума функции на основе метода Якоби, анализ чувствительности.
7	Выпуклые модели оптимизации.	Выпуклые модели оптимизации. Реализация необходимых и достаточных условий Куна-Таккера. Решение выпуклой задачи квадратичной оптимизации.
8	Численные методы оптимизации.	Численные методы оптимизации. Методов наискорейшего спуска (метод градиента). Метод покоординатного спуска (метод релаксации). Метод Ньютона – Рафсона. Метод сопряженных направлений.
9	Целочисленное программирование.	Целочисленное программирование. Метод отсекающих плоскостей. Метод ветвей и границ.
10	Многокритериальная задача линейной оптимизации.	Генетические алгоритмы. Разбор примеров задач.
11	Сетевое планирование.	Сетевое планирование. Упорядочивание структурной таблицы. Сетевой граф работа- вершина. Сетевой граф вершина-событие. Диаграмм Ганта. Временной сетевой граф на основе графа вершина-событие.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
2	Линейное программирование, симплекс метод.	Линейное программирование, симплекс метод. Решение задач, подготовка к аудиторным занятиям.
3	Двойственная задача линейного программирования.	Двойственная задача линейного программирования. Решение задач, подготовка к аудиторным занятиям.
4	Анализ чувствительности.	Анализ чувствительности. Решение задач, подготовка к аудиторным занятиям.
5	Транспортная задача.	Транспортная задача. Решение задач, подготовка к аудиторным занятиям.

6	Основы классической теории оптимизации.	Основы классической теории оптимизации. Решение задач, подготовка к аудиторным занятиям.
7	Выпуклые модели оптимизации.	Выпуклые модели оптимизации. Решение задач, подготовка к аудиторным занятиям.
8	Численные методы оптимизации.	Численные методы оптимизации. Решение задач, подготовка к аудиторным занятиям.
9	Целочисленное программирование.	Целочисленное программирование. Решение задач, подготовка к аудиторным занятиям.
10	Многокритериальная задача линейной оптимизации.	Генетические алгоритмы. Решение задач, подготовка к аудиторным занятиям.
11	Сетевое планирование.	Сетевое планирование. Решение задач, подготовка к аудиторным занятиям.



## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, и практических занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к лабораторным занятиям;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- подготовка курсовой работы;
- подготовка к экзамену.

Залогом успешного освоения дисциплины является обязательное посещение лекционных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На лабораторных занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется при выполнении практических заданий.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться с содержанием РПД, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы.

При подготовке к лекционным занятиям студенту необходимо:

- ознакомиться с соответствующей темой занятия;
- осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- изучить рекомендуемую рабочей программой литературу по данной теме.

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя оценочные материалы (ОМ);
- подготовиться к проверочной работе, предусмотренной в контрольных точках;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является выполнение курсовой работы и экзамен. Экзамен проводится по расписанию. Форма проведения занятия может быть устная, письменная и в электронном виде. Студенты, не прошедшие аттестацию, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Введение. Общая постановка задачи.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.
2	Линейное программирование, симплекс метод.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.
3	Двойственная задача линейного программирования.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.

4	Анализ чувствительности.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.
5	Транспортная задача.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.
6	Основы классической теории оптимизации.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.
7	Выпуклые модели оптимизации.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.
8	Численные методы оптимизации.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.
9	Целочисленное программирование.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.
10	Многокритериальная задача линейной оптимизации.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.
11	Сетевое планирование.	ОПК-4.3, ОПК-1.2	Выполнение заданий. Устный опрос студентов.
12	Иная контактная работа	ОПК-4.3, ОПК-1.2	
13	Экзамен	ОПК-4.3, ОПК-1.2	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ОПК-1.2, ОПК-4.3

Типовые контрольные задания и иные материалы текущего контроля успеваемости размещены по адресу ЭИОС Moodle (<https://moodle.spbgasu.ru/> Кафедры / Информационные технологии / Линейное и нелинейное программирование)

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;</li> <li>- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;</li> <li>- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;</li> <li>- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;</li> <li>- грамотно обосновывает ход решения задач;</li> <li>- безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;</li> <li>- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</li> </ul>
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;</li> <li>- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;</li> <li>- использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;</li> <li>- владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;</li> <li>- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;</li> <li>- обосновывает ход решения задач без затруднений</li> </ul>

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Математическая постановка задачи линейного программирования.
2. Задача линейного программирования в канонической и базисной формах.
3. Допустимый, опорный и оптимальный планы.
4. Этапы решения ЗЛП графическим методом.
5. Этапы решения ЗЛП симплекс методом.
6. Решение ЗЛП табличным симплекс методом.
7. Метод искусственного базиса. Определение начального базисного решения. Слабые переменные. Введение вспомогательных переменных – искусственного базиса.
8. Метод штрафов (М-метод).
9. Двухэтапный метод.
10. Двойственная задача линейного программирования.
11. Анализ чувствительности
12. Математическая постановка транспортной задачи.
13. Определение первого базисного плана методом северо-западного угла, методом минимального элемента и методом Фогеля.
14. Вырожденный опорный план. Цикл пересчета в транспортной задаче и метод потенциалов.

15. Транспортная задача с неправильным балансом.
16. Транспортная задача по критерию времени.
17. Транспортная модель с промежуточными пунктами.
18. Экстремум функции. Постановка задачи оптимизации. Условия существования безусловного экстремума.
19. Классическая задача условной оптимизации. Метод множителей Лагранжа.
20. Идея градиентных методов.
21. Метод наискорейшего спуска.
22. Метод покоординатного спуска.
23. Задача условной оптимизации. Формулировка задачи.
24. Нахождение точек условного экстремума методом множителей Лагранжа.
25. Методы решения задач целочисленного программирования. Алгоритмы, реализующие метод отсекающих плоскостей.
26. Метод ветвей и границ.
27. Частичный перебор в задачах с булевыми переменными.

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Типовые контрольные задания и иные материалы текущего контроля успеваемости размещены по адресу ЭИОС Moodle (<https://moodle.spbgasu.ru/> Кафедры / Информационные технологии / Линейное и нелинейное программирование)

#### 7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовая работа выполняется по вариантам и включает перечисленные ниже пункты:

1. Решение задач безусловной оптимизации с использованием градиентных методов.
2. Решение задач безусловной оптимизации с использованием метода сопряженных градиентов.
3. Решение задач безусловной оптимизации с использованием метода Ньютона и его модификаций.
4. Решение задач условной оптимизации методом внешней точки.
5. Решение задач условной оптимизации методом внутренней точки.
6. Построение и оптимизация сетевых графиков.

Курсовая работа должна включать следующие разделы:

- Титульный лист
- Содержание
- Введение
- Теоретическая часть
- Описание алгоритма
- Описание программы
- Контрольный пример
- Заключение
- Список используемой литературы
- Приложения

#### 7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

#### 7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	<p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>	<p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>

знания	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-существенные пробелы в знаниях учебного материала;</li> <li>-допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий;</li> <li>-непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знания теоретического материала;</li> <li>-неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов;</li> <li>-неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала;</li> <li>- знания теоретического материала</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития;</li> <li>-правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала;</li> <li>-полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий;</li> <li>-способность устанавливать и объяснять связь практики и теории,</li> <li>-логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</li> </ul>
умения	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.
-------------------	---	--	--	---

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b><u>Основная литература</u></b>		
1	Васильев Ф. П., Потапов М. М., Будак Б. А., Артемьева Л. А., Методы оптимизации, Москва: Юрайт, 2022	<a href="https://urait.ru/bcode/489397">https://urait.ru/bcode/489397</a>
2	Гончаров В. А., Методы оптимизации, Москва: Юрайт, 2020	<a href="https://urait.ru/bcode/463500">https://urait.ru/bcode/463500</a>
3	Сухарев А. Г., Тимохов А. В., Федоров В. В., Методы оптимизации, Москва: Юрайт, 2022	<a href="https://urait.ru/bcode/507818">https://urait.ru/bcode/507818</a>
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Фролькис В. А., Введение в теорию и методы оптимизации для экономистов, СПб.: Питер, 2002	ЭБС
2	Таха Х., Алтаев В. Я., Вавилов Б. Т., Данилин В. С., Моторин В. И., Введение в исследование операций, М.: Мир, 1985	ЭБС



3	Вентцель Е. С., Исследование операций: Задачи, принципы, методология, М.: Наука, 1988	ЭБС
---	---	-----

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Сайт компании Microsoft	<a href="https://msdn.microsoft.com/ru-ru/">https://msdn.microsoft.com/ru-ru/</a>

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Maple версия 2017	MAPLE договор №б/н от 21.06.2017 с АО "СофтЛайн Трейд" бессрочный
Matlab версия R2019a	MATLAB договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты"

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
47. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016

47. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска маркерная белая эмалевая, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
47. Компьютерный класс	Рабочие места с ПК (стол компьютерный, системный блок, монитор, клавиатура, мышь), стол рабочий, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Internet.
47. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Учебная аудитория для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска маркерная белая эмалевая, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.