

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ЭИТУС  
Белоусов А.В.  
« 23 » 05 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

**Исследование операций**

Направление подготовки:  
09.03.04 Программная инженерия

Направленность программы (профиль, специализация):

Разработка программно-информационных систем

Квалификация (степень)  
бакалавр

Форма обучения  
очная


Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра программного обеспечения вычислительной техники  
и автоматизированных систем

Белгород – 2019

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.04 Программная инженерия, утверждённого приказа Минобрнауки России от 19 сентября 2017 г. № 920
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2019 году.

Составитель: д.ф.-м.н., доцент  (А.Г. Брусенцев)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
Программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

18 » мая 2019 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой: к.т.н., доцент  (В.М. Поляков)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой  
Программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем

Заведующий кафедрой: к.т.н., доцент  (В.М. Поляков)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

« 18 » мая 2019 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института  
Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 28 » мая 2019 г., протокол № 9

Председатель: к.т.н., доцент  (А.Н. Семернин)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
<p>Применение естественно-научных и общеинженерных знаний</p>	<p><b>ОПК-1.</b> Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-1.1. Применяет основы естественнонаучных и общеинженерных знаний в профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знания:</b> основных понятий и методов исследования операций. <b>Умения:</b> оперировать основами исследования операций в профессиональной деятельности <b>Навыки:</b> применения основных понятий исследования операций в профессиональной деятельности</p>
		<p>ОПК-1.2. Решает стандартные профессиональные задачи с применением методов математического анализа и моделирования</p>	<p><b>Знания:</b> методов исследования операций, необходимых для решения стандартных профессиональных задач <b>Умения:</b> решать стандартные профессиональные задачи с применением методов исследования операций <b>Навыки:</b> решения стандартных профессиональных задач с применением методов исследования операций</p>
		<p>ОПК-1.3 Использует методы теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знания:</b> методов исследования операций, необходимых для теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности <b>Умения:</b> использовать методы исследования операций для теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности <b>Навыки:</b> использования методов исследования операций для теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. **Компетенция ОПК-1.** Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1.	Математический анализ
2.	Алгебра и геометрия
3.	Физика
4.	Информатика
5.	Инженерная графика
6.	Дискретная математика
7.	Математическая логика и теория алгоритмов
8.	Вычислительная математика
9.	Теория вероятностей и математическая статистика
10.	Исследование операций

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 2 зач. единиц.

Форма промежуточной аттестации экзамен.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	73	73
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	—	—
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	107	107
Курсовой проект	—	—
Курсовая работа	—	—
Расчетно-графическое задание	—	—
Индивидуальное домашнее задание	18	18
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	53	53
Форма промежуточная аттестация Экзамен	36	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Основные методы линейного программирования</b>					
	Общая формулировка задачи линейного программирования и ее геометрическое истолкование в случае двух переменных. Базисный вид системы уравнений. метод Гаусса-Жордана. Основные понятия, связанные с симплекс-методом. Симплекс-метод в чистом виде. Методы искусственного базиса и больших штрафов.	8		12	11
<b>2. Транспортная и подобные ей задачи</b>					
	Закрытая транспортная задача. Нахождение первого опорного плана. Решение задачи распределительным методом и методом потенциалов. Открытые транспортные задачи. Задачи, подобные транспортной.	4		4	8
<b>3. Теория двойственности линейного программирования</b>					
	Построение двойственных задач. Первая и вторая теоремы двойственности. Двойственный симплекс-метод. Метод последовательного уточнения оценок. Обобщенный двойственный симплекс-метод	4		4	8
<b>4. Элементы математической теории игр</b>					
	Матричная игра двух игроков с нулевой суммой. Анализ игры в чистых стратегиях. Понятие смешанной стратегии. седловая точка игры в смешанных стратегиях. Графическое решение игр размера $2 \times m$ и $n \times 2$ . Решение игры двойственным симплекс-методом. Доминирование и дублирование стратегий. Упрощение игры. Другие разновидности игр. Задачи теории статистических решений.	4		4	8
<b>5. Элементы дискретного программирования</b>					
	Задачи, приводящие к требованию целочисленности. Постановка задач дискретного программирования. Метод отсечения. Первый алгоритм Гомори. Второй алгоритм Гомори. Метод ветвей и границ.	6		4	8
<b>6. Нелинейное программирование</b>					
	Задачи нелинейного программирования. Метод множителей Лагранжа. Достаточные условия локального экстремума. Задачи выпуклого программирования и квадратичного выпуклого программирования.	8		6	10
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>		<b>34</b>	<b>53</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Практические занятия учебным планом не предусмотрены

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №4				
1	Основные методы линейного программирования	Лабораторная работа №1. Исследование множества опорных планов задачи линейного программирования в канонической форме. Лабораторная работа №2. Симплекс-метод в чистом виде. Лабораторная работа №3. Методы искусственного базиса и больших штрафов.	12	12
2	Транспортная и подобные ей задачи.	Лабораторная работа №4. Закрытая транспортная задача.	4	4
3	Теория двойственности линейного программирования	Лабораторная работа №5. Двойственный симплекс-метод.	4	4
4	Элементы математической теории игр	Лабораторная работа №6. Нахождение седловой точки в смешанных стратегиях для матричной игры с нулевой суммой.	4	4
5	Элементы дискретного программирования	Лабораторная №7. Решение полностью целочисленных задач с помощью первого алгоритма Гомори, а также методом ветвей и границ.	4	4
6	Нелинейное программирование	Лабораторная работа №8. Задачи дробно-линейного программирования.	6	6
ИТОГО:			34	34
ВСЕГО:				68

## 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

## 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом предусмотрены 2 ИДЗ.

На выполнение ИДЗ предусмотрено 9 часов самостоятельной работы студента.

ИДЗ №1. Методы решения задач линейного программирования.

Цель работы: систематизация и обобщение методов решения задач линейного программирования.

ИДЗ №2. Методы решения экономических задач с помощью исследования операций.

Цель работы: получения навыков применения методов исследования операций для решения экономических задач.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**Компетенция** ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-1.1. Применяет основы естественнонаучных и общепрофессиональных знаний в профессиональной деятельности	защита лабораторной работы, защита ИДЗ экзамен
ОПК-1.2. Решает стандартные профессиональные задачи с применением методов математического анализа и моделирования	защита лабораторной работы, защита ИДЗ экзамен
ОПК-1.3 Использует методы теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	защита лабораторной работы

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

#### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные методы линейного программирования (ОПК-1)	<p>Экономико-математические модели, приводящие к задачам линейного программирования.</p> <p>Общая формулировка задачи линейного программирования.</p> <p>Преобразования линейных оптимизационных моделей.</p> <p>Каноническая и стандартная формы задачи линейного программирования.</p> <p>Геометрическое истолкование системы ограничений и целевой функции задачи линейного программирования в случае двух переменных. Графический метод решения задачи.</p> <p>Метод Гаусса-Жордана приведения системы линейных уравнений к базисному виду, базисные и опорные решения такой системы. Фундаментальная теорема симплекс метода. К какому виду должна быть приведена задача линейного программирования перед применением симплекс-метода? Вычислительная процедура симплекс метода. Порядок работы с симплекс-таблицей.</p> <p>Метод искусственного базиса. Какие основные случаи могут представиться при работе этим методом?</p>



		<p>Метод больших штрафов. М-задача и ее связь с исходной задачей линейного программирования.</p> <p>Трудоёмкость симплекс метода. Что означает его экспоненциальная трудоёмкость на классе всех задач линейного программирования? Алгоритмы решения задач линейного программирования полиномиальной трудоёмкости. Методы внутренних точек.</p>
2	Транспортная и подобные ей задачи (ОПК-1)	<p>Транспортная задача. Математическая модель закрытой транспортной задачи. Запись транспортной задачи в форме таблицы данных</p> <p>Нахождение первого опорного решения системы ограничений транспортной задачи. Метод северо-западного угла и метод наименьшей стоимости.</p> <p>Понятие цикла в матрице. Комбинаторные свойства циклов. Означенный цикл. Что называют сдвигом по означенному циклу в матрице перевозок? Каким основным свойством обладает этот сдвиг?</p> <p>Понятие цикла пересчета для данной свободной клетки. Существование и единственность цикла пересчета.</p> <p>Нахождение коэффициентов целевой функции транспортной задачи в ее выражении через свободные переменные.</p> <p>Распределительный метод решения закрытой транспортной задачи.</p> <p>Метод потенциалов и его преимущество перед распределительным методом.</p> <p>Открытые транспортные задачи. Сведение открытой транспортной задачи с равноправными пунктами к закрытой задаче.</p> <p>Открытые транспортные задачи с выделенными пунктами. Блокирование клеток.</p>
3	Теория двойственности линейного программирования (ОПК-1)	<p>Правило составления задачи, двойственной по отношению к данной задаче линейного программирования в стандартной форме. Несимметрично двойственные задачи. Общее правило построения двойственных задач.</p> <p>Сформулируйте первую и вторую теоремы двойственности. Какие задачи позволяют решать эти теоремы?</p> <p>Третья теорема двойственности. Область устойчивости двойственных оценок. Послеоптимизационный анализ.</p> <p>Двойственный симплекс-метод для пары симметрично двойственных задач.</p> <p>Понятие псевдоплана. Симплекс таблица, отвечающая псевдоплану. Опишите алгоритм последовательного уточнения оценок.</p>
4	Элементы математической теории игр (ОПК-1)	<p>Конфликтные ситуации. Формулировка простейшей модели конфликтной ситуации в виде матричной игры двух игроков с нулевой суммой. Анализ игры в чистых стратегиях. Седловая точка игры в чистых стратегиях.</p> <p>Понятие смешанной стратегии. Платежная функция игры. Седловая точка игры в смешанных стратегиях. Теорема фон Неймана о существовании седловой точки игры в смешанных стратегиях.</p> <p>Построение пары двойственных задач для определения седловой точки игры в смешанных стратегиях. Графическое решение игр размера <math>m \times 2</math> и <math>2 \times n</math>.</p> <p>Решение игры в смешанных стратегиях двойственным</p>

		симплекс-методом.
5	Элементы дискретного программирования (ОПК-1)	Задачи, приводящие к требованию целочисленности переменных. Задача о назначении персонала и ее сведение к транспортной задаче. Задача о ранце. Общая формулировка задачи целочисленного и частично целочисленного программирования. Геометрический смысл этой задачи. Методы отсечения для решения задачи целочисленного программирования. Первый алгоритм Гомори. Метод ветвей и границ для решения задач дискретного программирования.
6	Нелинейное программирование (ОПК-1)	Задача дробно-линейного программирования. Ее геометрический смысл и сведение к задаче линейного программирования введением новых переменных. Возникновение нелинейностей в оптимизационных задачах. Формулировка общей задачи нелинейного программирования. Приемы преобразования нелинейных моделей. Определение локального экстремума задачи нелинейного программирования. Глобальный экстремум. Одноэкстремальные задачи. Задача на условный экстремум. Функция Лагранжа задачи на условный экстремум. Необходимые условия условного экстремума. Достаточные условия условного экстремума для выяснения характера стационарной точки функции Лагранжа. Определение выпуклого множества в $R^n$ и выпуклой функции. Задача выпуклого программирования. и ее одноэкстремальность. Численные методы безусловной оптимизации. Метод наискорейшего градиентного спуска и метод Ньютона-Рафсона. Метод штрафных функций. Многокритериальные задачи. Паретовские решения. Методы агрегированного критерия, главного показателя и последовательных уступок.

### Типовые задачи к экзамену (ОПК-1)

1. Построить множества решений систем линейных неравенств и найти координаты их угловых точек.

$$1) \begin{cases} x_1 + x_2 - 3 \leq 0, \\ x_1 + x_2 - 1 \geq 0, \\ x_1 - x_2 \geq 0, \\ x_1 \leq 2.5, \\ 0 \leq x_2 \leq 1; \end{cases}$$

2. Для выпуска изделий двух типов (А и В) на заводе используется сырье четырех видов (1, 2, 3, 4). Расход сырья каждого вида на изготовление единицы продукции задан в таблице.

Изделие	Сырье			
	1	2	3	4
А	2	1	2	1
В	3	1	1	0

Запасы сырья составляют: 1 вида – 21 ед., 2 вида – 8 ед., 3 вида – 12 ед., 4 вида – 5 ед. Выпуск изделия типа А приносит 3 ден. ед. прибыли, одного изделия типа В – 2 ден. ед. Составить план

производства, обеспечивающий наибольшую прибыль.

3. Составить экономико-математическую модель задачи. Предприятие обладает запасами сырья 4-х видов, запасы которых соответственно равны 19, 35, 15, 18. Предприятие планирует выпускать два вида продукции. Затраты сырья на производство каждого вида продукции заданы матрицей:

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 2 & 1 \\ 0 & 3 \\ 3 & 0 \end{pmatrix}.$$

Доход от реализации единицы каждого вида продукции 14, 10. Сколько надо произвести изделий каждого вида, чтобы сумма от реализации была наибольшей?

4. Решить графически следующие задачи линейного программирования:

$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 \leq 9, \\ x_1 - 2x_2 \leq 2, \\ x_1 + x_2 \leq 8, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0; \end{cases}$$

$$F = x_1 - x_2 \rightarrow \max.$$

5. Используя симплексный метод решить следующие задачи:

$$\begin{cases} 2x + 3y \leq 21, \\ x + y \leq 8, \\ 2x + y \leq 12, \\ x \leq 5. \end{cases}$$

$$F = 3x + 2y \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x + 2y \leq 16, \\ 2x + 3y \leq 25, \\ x + y \leq 10, \\ 3x + y \leq 24, \\ y \geq x. \end{cases}$$

$$F = 4x + y \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 1, \\ -2x_1 + x_2 \leq 2, \\ x_1 + x_2 \leq 4, \\ x_1 \leq 3, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0; \end{cases}$$

$$F = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max.$$

6. Решить задачу симплекс методом, затем составить двойственную задачу и решить ее геометрически.

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2 - x_3 \geq 3, \\ x_1 - x_2 + x_3 \geq 2, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0, \quad x_3 \geq 0; \end{cases}$$

$$F = 2x_1 - 3x_2 \rightarrow \max.$$

7. Решить задачу геометрически, затем составить двойственную задачу и решить ее симплекс методом.

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 \geq 10, \\ 2x_1 + x_2 \geq 10, \\ x_2 \geq 4, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0; \end{cases}$$

$$F = 2x_1 + 4x_2 \rightarrow \min.$$

8. Выполнить первоначальное распределение поставок по правилу «северо-западного угла» и правилу учета наименьших затрат. Посчитать стоимости затрат при этих распределениях поставок. Найти оптимальное распределение поставок.

1)

Поставщики	Мощности поставщиков	Потребители и их спрос				
		1	2	3	4	5
		85	65	80	75	70
1	100	4	2	3	1	2
2	125	6	5	3	4	3
3	75	1	2	5	6	5

2)

4	75	6	4	5	2	3
---	----	---	---	---	---	---

Поставщики	Мощности поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4
		60	40	90	60
1	120	4	4	7	5
2	80	2	3	6	8
3	50	5	1	5	9

9. Найти оптимальное распределение поставок.

Поставщики	Мощности поставщиков	Потребители и их спрос			
		1	2	3	4
		50	40	160	80
1	50	4	5	6	7
2	150	4	9	3	2
3	60	6	5	2	3
4	40	8	1	2	4

10. Решить в смешанных стратегиях:

$$\begin{pmatrix} 32 & 7 & 9 & 3 & 10 \\ 3 & 15 & 8 & 4 & 7 \end{pmatrix}$$

11. Решить задачу целочисленного программирования:

$$z = 4x_1 - x_2 \rightarrow \max;$$

$$\begin{cases} x_1 + 3x_2 + x_3 = 20, \\ 9x_1 - 4x_2 + x_4 = 6, \\ -4x_1 + x_2 + x_5 = 11, \end{cases}$$

$$x_i \geq 0, x_i - \text{целые} (i = \overline{1,5}).$$

12. Решить задачу дробно-линейного программирования:

$$z = \frac{5x_1 + 3x_2 + 2x_3 + x_4}{2x_1 + x_2 + 3x_3 + x_4} \rightarrow \max;$$

$$\begin{cases} 9x_1 + x_2 + x_3 + 3x_4 \leq 250, \\ x_1 + 3x_3 + 2x_4 \leq 74, \\ 3x_1 + 4x_2 + x_3 \leq 320, \end{cases}$$

$$x_i \geq 0 (i = \overline{1,4}).$$

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

*Текущий контроль* осуществляется в течение семестра в форме выполнения и защиты лабораторных работ, выполнения и защиты индивидуального домашнего задания.

В методических указаниях по выполнению лабораторных работ представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания работе, рассмотрены практические примеры, представлены индивидуальные варианты заданий и перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторной работы проводится в форме устного опроса студента и направлена на проверку степени усвоения материала и понимания теоретических сведений, используемых в процессе выполнения работы; для защиты необходимо представить в печатной (рукописной) форме отчет по лабораторной работе, выполненный самостоятельно и в соответствии со всеми требованиями, приведёнными в методических указаниях к выполнению лабораторных работ. Примерные перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ приведен в таблице:

Тематика лабораторной работы	Контрольные вопросы
Лабораторная работа №1. Исследование множества опорных планов задачи линейного программирования в канонической форме. (ОПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как формулируется общая задача линейного программирования?</li> <li>2. Когда задача линейного программирования называется имеющей каноническую форму?</li> <li>3. Какая форма задачи линейного программирования называется стандартной?</li> <li>4. С помощью каких приемов производятся преобразования моделей линейного программирования?</li> <li>5. Дайте определения базисного и допустимого базисного вида системы линейных уравнений, базисного и опорного решений такой системы.</li> <li>6. Когда по базисному виду системы ограничений можно заключить, что задача ЛП в канонической форме не имеет решений по причине неограниченности целевой функции на области допустимых значений?</li> <li>7. Опишите алгоритм метода Гаусса-Жордана с произвольным выбором разрешающего элемента.</li> <li>8. Базисные и свободные переменные, отвечающие данному базисному виду системы уравнений. Операция замещения.</li> <li>9. Сформулируйте фундаментальную теорему симплекс-метода.</li> </ol>
Лабораторная работа №2. Симплекс-метод в чистом виде. (ОПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. К какому виду должна быть приведена задача линейного программирования перед применением симплекс-метода?</li> <li>2. Как составить первую симплекс-таблицу?</li> <li>3. Опишите порядок работы с симплекс-таблицей. Сформулируйте правило выбора разрешающего элемента.</li> <li>4. В чем заключается признак того, что симплекс-таблица является последней?</li> <li>5. Как прочесть решение задачи по последней симплекс-таблице?</li> <li>6. В каком случае по последней симплекс-таблице можно заключить, что задача не имеет решения по причине неограниченности целевой функции на области допустимых значений?</li> <li>7. Как избежать зацикливания симплекс алгоритма?</li> <li>8. Что понимается под трудоемкостью симплекс метода? Что означает его экспоненциальная трудоемкость на классе всех задач линейного программирования?</li> <li>9. Существуют ли алгоритмы решения задач линейного программирования полиномиальной трудоемкости? Обладает ли класс всех задач линейного программирования полиномиальной сложностью?</li> </ol>
Лабораторная работа №3. Методы искусственного базиса и больших штрафов. (ОПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для чего применяется метод искусственного базиса?</li> <li>2. Как строится вспомогательная задача при работе методом искусственного базиса?</li> <li>3. Какие основные случаи могут представиться при работе этим методом?</li> <li>4. Опишите метод больших штрафов. Как составить M-задачу для задачи линейного программирования в канонической форме?</li> <li>5. Опишите связь между исходной задачей и M-задачей. Как выбирается число M.</li> <li>6. Как прочесть решение исходной задачи по решению M-задачи?</li> </ol>
Лабораторная работа №4. Закрытая транспортная задача. (ОПК-1)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как формулируется транспортная задача? Что такое матрица перевозок? Как выглядит математическая модель закрытой транспортной задачи?</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Как записать транспортную задачу в форме таблицы данных?</li> <li>3. Нахождение первого опорного решения системы ограничений транспортной задачи. В чем заключаются метод северо-западного угла и метод наименьшей стоимости?</li> <li>4. Что называют циклом в матрице? Какими комбинаторными свойствами обладают циклы?</li> <li>5. Означенный цикл. Что называют сдвигом по означенному циклу в матрице перевозок? Каким основным свойством обладает этот сдвиг?</li> <li>6. Что называется циклом пересчета для данной свободной клетки?</li> <li>7. Как находятся коэффициенты при свободных переменных в базисном виде системы ограничений транспортной задачи?</li> <li>8. Как находится выражение целевой функции транспортной задачи через свободные переменные для произвольного базисного вида системы ограничений?</li> <li>9. В чем заключается распределительный метод решения закрытой транспортной задачи?</li> <li>10. Опишите порядок работы по методу потенциалов.</li> </ol>
<p>Лабораторная работа №5. Двойственный симплекс-метод. (ОПК-1)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулируйте правило составления задачи, двойственной по отношению к данной задаче линейного программирования в стандартной форме. Какие пары задач называют симметричными взаимно двойственными?</li> <li>2. Несимметрично двойственные задачи. В чем состоит общее правило построения двойственных задач?</li> <li>3. Сформулируйте первую теорему двойственности. Что позволяет сказать эта теорема о задаче линейного программирования, если известно решение двойственной задачи?</li> <li>4. Сформулируйте вторую теорему двойственности. Какие задачи позволяет решать эта теорема?</li> <li>5. Сформулируйте третью теорему двойственности.</li> <li>6. В чем заключается двойственный симплекс-метод для пары симметрично двойственных задач?</li> <li>7. Что называется псевдопланом задачи линейного программирования в канонической форме? Что представляет собой симплекс-таблица, отвечающая псевдоплану?</li> <li>8. Опишите алгоритм последовательного уточнения оценок.</li> </ol>
<p>Лабораторная работа №6. Нахождение седловой точки в смешанных стратегиях для матричной игры с нулевой суммой. (ОПК-1)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Что обычно называют конфликтной ситуацией? Как строится простейшая модель конфликтной ситуации в виде матричной игры двух игроков с нулевой суммой?</li> <li>2. Как игроки оценивают свои стратегии в процессе анализа игры в чистых стратегиях? Что такое нижняя и верхняя цены игры в чистых стратегиях?</li> <li>3. Что такое седловая точка игры в чистых стратегиях?</li> <li>4. Что такое смешанная стратегия игрока? Дайте определение платежной функции игры.</li> <li>5. Что такое седловая точка игры в смешанных стратегиях? Сформулируйте теорему фон Неймана о существовании седловой точки игры в смешанных стратегиях.</li> <li>6. Как строится пара двойственных задач для определения седловой точки игры в смешанных стратегиях?</li> <li>7. В чем состоит графический метод решения игр размера <math>2 \times m</math> и <math>n \times 2</math>?</li> <li>8. Как решить игру в смешанных стратегиях двойственным симплекс-методом?</li> </ol>
<p>Лабораторная №7. Решение полностью целочисленных задач с помощью первого алгоритма Гомори, а также методом ветвей и границ. (ОПК-1)</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие задачи называют задачами линейного целочисленного (частично целочисленного, дискретного, частично дискретного) программирования?</li> <li>2. Сформулируйте задачу о назначениях. В чем заключается связь между задачей о назначениях и транспортной задачей?</li> <li>3. Сформулируйте задачу о ранце.</li> <li>4. В чем заключается основная идея методов отсечений? Опишите первый алгоритм Гомори для полностью целочисленных задач.</li> <li>5. Как строится сечение Гомори второго рода?</li> </ol>

	6. Какова роль двойственного симплекс метода (метода последовательного уточнения оценок) при применении сечений Гомори первого и второго рода? 7. В чем заключается метод ветвей и границ? 8. Что можно сказать о сложности задач дискретного программирования?
Лабораторная работа №8. Задачи дробно-линейного программирования. (ОПК-1)	1. Как формулируется задача дробно-линейного программирования? 2. Как истолковать эту задачу геометрически в случае двух переменных? 3. Как сводится задача дробно-линейного программирования к задаче линейного программирования с помощью введения новых переменных? 4. Дайте определение локального экстремума задачи нелинейного программирования. Что такое глобальный экстремум? Какие задачи называются одноэкстремальными? 5. Является ли задача ДЛП одноэкстремальной?

**Критерии оценки лабораторной работы:** лабораторная работа считается защищенной, если студент выполнил задание к работе полностью и во время защиты работы правильно ответил на заданные преподавателем дополнительные вопросы во время собеседования или правильно ответил на тестовые вопросы, выполнил дополнительные задания.

### Индивидуальное домашнее задание

На выполнение ИДЗ предусмотрено 9 часов самостоятельной работы студента.

**ИДЗ №1.** Методы решения задач линейного программирования.

Цель работы: систематизация и обобщение методов решения задач линейного программирования.

Примерная тематика ИДЗ:

1. Решить графически следующие задачи линейного программирования:

$$\begin{cases} -2x_1 + 3x_2 \leq 9, \\ x_1 - 2x_2 \leq 2, \\ x_1 + x_2 \leq 8, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0; \end{cases}$$

$F = x_1 - x_2 \rightarrow \max.$

2. Используя симплексный метод решить следующие задачи:

$$\begin{cases} 2x + 3y \leq 21, \\ x + y \leq 8, \\ 2x + y \leq 12, \\ x \leq 5. \end{cases}$$

$F = 3x + 2y \rightarrow \max$

3. Используя метод штрафов или метод искусственного базиса, решить следующие задачи:

$$\begin{cases} x_1 + x_2 - 1 \leq 0, \\ x_1 + x_2 - 4 \geq 0, \\ x_1 - 3 \leq 0, \\ x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0; \end{cases}$$

$F = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max.$

4. Найти решение следующей задачи:

$$z = \frac{2x_1 + x_2}{x_1 + x_2} \rightarrow \min,$$

$$\begin{cases} 2x_1 + 8x_2 \leq 26, \\ x_1 + x_2 \leq 4, \\ 12x_1 + 3x_2 \leq 39, \\ x_1, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

**ИДЗ №2.** Методы решения экономических задач с помощью исследования операций.

Цель работы: получения навыков применения методов исследования операций для решения экономических задач.

Примерная тематика ИДЗ:

1. Мастерская имеет два станка  $S_1, S_2$ , на которых последовательно обрабатывается два вида продукции  $P_1$  и  $P_2$ . Станок  $S_1$  обрабатывает единицу продукции  $P_1$  за 1 час, а единицу продукции  $P_2$  — за 2 часа. Станок  $S_2$  затрачивает на единицу продукции  $P_1$  2 часа, а на единицу продукции  $P_2$  — 1 час. Станок  $S_1$  может работать в сутки не более 10 часов, а станок  $S_2$  — не более 8 часов. Стоимость единицы продукции  $P_1$  составляет  $c_1$  рублей, а стоимость единицы продукции  $P_2$  —  $c_2$  рублей. Требуется определить такой суточный план выпуска двух видов продукции  $P_1$  и  $P_2$  мастерской, чтобы выручка от реализации произведенной продукции была максимальна.

2. Пусть номенклатура выпускаемой продукции состоит из  $n$  наименований. Производство продукции использует  $m$  видов ресурсов. Обозначим через  $a_{ik}$  затраты  $i$ -го вида ресурсов ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) на производство единицы продукции  $k$ -го вида ( $k = 1, 2, \dots, n$ ). Пусть  $b_i$  — полный объем ресурсов  $i$ -го вида ( $i = 1, 2, \dots, m$ ), а  $c_k$  — прибыль, получаемая предприятием при изготовлении и реализации единицы  $k$ -го вида продукции ( $k = 1, 2, \dots, n$ ). Требуется составить такой план выпуска продукции, который был бы технологически осуществим по имеющимся ресурсам и, в то же время, приносил наибольшую общую прибыль предприятию

3. Решить следующую транспортную задачу, находя первое опорное решение методом наименьшей стоимости.

Запасы		$v_1$	$v_2$	$v_3$	Потребности
		40	30	10	
$u_1$	10	5	7	1	10
$u_2$	20	2	1	4	20
$u_3$	50	6	3	2	0
		40	10		

4. Четыре предприятия данного экономического района для производства продукции используют три вида сырья. Потребности в сырье каждого из предприятий соответственно равны 120, 50, 190 и 110 ед. Сырье сосредоточено в трех местах его получения, а запасы его соответственно равны 160, 140 и 170 ед. На каждое из предприятий сырье может завозиться из любого пункта его получения. Тарифы перевозок являются известными величинами и задаются матрицей стоимостей:



$$C = \begin{pmatrix} 7 & 8 & 1 & 2 \\ 4 & 5 & 9 & 8 \\ 9 & 2 & 3 & 6 \end{pmatrix}.$$

**Критерии оценки:** для сдачи ИДЗ студенту необходимо представить в печатной (рукописной) форме отчет по ИДЗ. Защита проводится в форме устного опроса студента и направлена на проверку степени усвоения материала и понимания теоретических сведений, используемых в процессе выполнения работы.

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
<p><b>ОПК-1.</b> Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК-1.1.</b> Применяет основы естественнонаучных и общеинженерных знаний в профессиональной деятельности</p> <p><b>ОПК-1.2.</b> Решает стандартные профессиональные задачи с применением методов математического анализа и моделирования</p> <p><b>ОПК-1.3.</b> Использует методы теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности</p>	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
Умения	Четкость изложения и интерпретации знаний
	Умение решать стандартные профессиональные задачи с применением методов исследования операций
	Умение использовать теоретические знания для выбора методики решения профессиональных задач
Навыки	Умение проверять решение и анализировать результаты
	Владение навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности
	Качество выполнения исследований объектов профессиональной деятельности
	Самостоятельность выполнения исследований объектов профессиональной деятельности

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка
----------	---------------------------

	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение решать стандартные профессиональные задачи с применением методов исследования операций	Не умеет решать стандартные профессиональные задачи с помощью методов исследования операций	Допускает неточности в решении стандартных профессиональных задач с помощью методов исследования операций	Умеет решать стандартные профессиональные задачи с помощью методов исследования операций	Безошибочно решает стандартные профессиональные задачи с применением методов исследования операций
Умение использовать теоретические знания для выбора методики решения профессиональных задач	Не умеет использовать теоретические знания для выбора методики решения профессиональных задач с помощью методов	Использование теоретических знаний для выбора методики решения профессиональных задач с помощью методов исследования	Умеет использовать теоретические знания для выбора методики решения профессиональных задач с помощью методов	Умеет использовать теоретические знания для выбора методики решения профессиональных задач с помощью методов исследования

	исследования операций	операций вызывает затруднения	исследования операций	операций
Умение проверять решение и анализировать результаты	Не умеет проверять решение и анализировать результаты	Допускает неточности при проверке решения и анализа результатов	Умеет проверять стандартные решения и проводить анализ стандартных результатов	Качественно проверяет решение и анализирует результаты

### Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Не владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Не достаточно хорошо владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности, но допускает ошибки в решении	Владеет навыками теоретического и экспериментального исследования объектов профессиональной деятельности на высоком уровне
Качество выполнения исследований объектов профессиональной деятельности	Не качественно выполняет исследования объектов профессиональной деятельности, допускает грубые ошибки	Не достаточно качественно выполняет исследования объектов профессиональной деятельности, допускает и исправляет ошибки с посторонней помощью	Не достаточно качественно выполняет исследования объектов профессиональной деятельности, допускает и исправляет ошибки самостоятельно	Качественно выполняет исследования объектов профессиональной деятельности
Самостоятельность выполнения исследований объектов профессиональной деятельности	Не может самостоятельно выполнять исследования объектов профессиональной деятельности	Выполняет исследования объектов профессиональной деятельности с посторонней помощью	При выполнении исследования объектов профессиональной деятельности часто требуется посторонняя помощь	Самостоятельно выполняет исследования объектов профессиональной деятельности, в некоторых случаях требуется посторонняя помощь

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Специализированная мебель. Мультимедийная установка, экран, доски
2.	Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий	Специализированная мебель. Компьютеры на базе процессоров Intel или AMD.
3.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель. Компьютерная техника, подключенная к сети интернет и имеющая доступ в электронно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	Microsoft Windows 10 Корпоративная	(Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017.
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	(Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633 Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2020). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017.
3.	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition».	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 20.07.2019
4.	Интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio 2013	Лицензионный договор № 63-14к от 2.07.2014
5.	Среды программирования Dev C++ , CodeBlocks, Visual Studio Community Edition	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### **6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов**

1. Брусенцев А.Г., Петрашев В.И., Рязанов Ю. Д. Исследование операций и теория игр.– Учебное пособие. – Белгород: Издательство БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 259 с.
2. Сборник задач по математике для вузов, т. 4 / под ред. А. В. Ефимова и А. С. Поспелова. – М.: Физматлит, 2003. – 574 с.
3. Косоруков О.А. Исследование операций.–Учебник.–М.: Экзамен, 2003.–423с.
4. Брусенцев А.Г., Брусенцева В.С. Исследование операций и теория игр.–Методические указания к выполнению лабораторных работ.– Изд. БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013.–46с.
5. Болтянский В.Г. Оптимальное управление дискретными системами. – М.: Наука, 1973. – 446 с.
6. Дикин И.И. Метод внутренних точек в линейном и нелинейном программировании. – Изд. группа URSS. 2010. – 120 с.
7. Нейман Дж., Моргерштерн О. Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1970. – 708 с.
8. Ашманов С.А., Тихонов А.В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях. – М.: Наука, 1991. – 447 с.
9. Горлач Б.А. Исследование операций.– Учебное пособие.– [Электронный ресурс] Электрон. текстовые данные.: Изд. «Лань», 2013.– 448с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4865](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4865)
10. Есипов Б.А. Методы исследования операций– Учебное пособие.– [Электронный ресурс] Электрон. текстовые данные.: Изд. «Лань», 2013.–304с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=10250](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10250)
11. Ржевский С.В. Исследование операций.– Учебное пособие.– [Электронный ресурс] Электрон. текстовые данные.: Изд. «Лань», 2013.–480с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=32821](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=32821)
12. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах.– Учебное пособие.– [Электронный ресурс] Электрон. текстовые данные.: Изд. «Лань», 2011.–352с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2027](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2027)
13. Ашманов С.А., Тихонов А.В. Теория оптимизации в задачах и упражнениях.–Учебное пособие.– [Электронный ресурс] Электрон. текстовые данные.: Изд. «Лань», 2012.–448с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=3799](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=3799)

### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Электронная библиотека (на базе ЭБС «БиблиоТех») — Режим доступа: <http://ntb.bstu.ru>
2. Электронно-библиотечная система IPRbooks — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» — Режим доступа: <http://www.biblioclub.ru/>

## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20 20 /20 21 учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № 8 заседания кафедры от « 21 » 04 20 20 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ (Поляков В.М.)  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ (Белоусов А.В.)  
подпись, ФИО

## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2021/2022 учебный год  
без изменений

Протокол № 9/1 заседания кафедры от « 15 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

подпись, ФИО

*Поляков В.М.*

Директор института \_\_\_\_\_

подпись, ФИО

*Белосоев А.В.*

## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2022 / 2023 учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями

Протокол № 10 заседания кафедры от «20» 05 2022 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Поляков В.М.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ Белоусов А.В.  
подпись, ФИО



## УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2023/2024 учебный год без изменений.

Протокол № 8 заседания кафедры от « 4 » мая 2023 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Поляков В.М.  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ Белоусов А.В.  
подпись, ФИО