

НЕГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГУМАНИТАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПРОФСОЮЗОВ»

Кафедра Информатики и математики

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Исследование операций**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата  
по направлению подготовки

**09.03.03 «Прикладная информатика»**

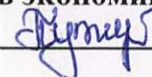
Профиль подготовки «Прикладная информатика в экономике»

Квалификация:

**Бакалавр**

Согласовано:

Руководитель ОПОП по направлению  
09.03.03 «Прикладная информатика»  
Профиль «Прикладная информатика  
в экономике»

 /Путькина Л.В.

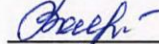
Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

«01» июня 2020 г., протокол №10

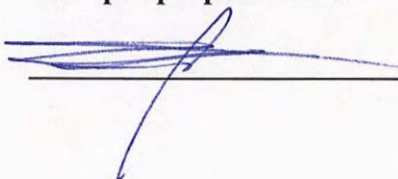
Зав. кафедрой  /Путькина Л.В.

Рекомендована решением  
Методического совета

«15» июня 2020 г., протокол №10

Секретарь МС  Волкова А.М.

Авторы-разработчики:

 /Седов Р.Л.

Санкт-Петербург

## **СТРУКТУРА**

1. Цель и задачи освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре ОПОП
3. Требования к результатам освоения дисциплины
4. Тематический план изучения дисциплины
5. Содержание разделов и тем дисциплины
6. План практических (семинарских) занятий
7. Образовательные технологии
8. План самостоятельной работы студентов
9. Контроль знаний по дисциплине
10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

1. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов
2. Методические рекомендации по подготовке к практическим (семинарским) занятиям
3. Методические рекомендации по написанию контрольных работ
4. Методические рекомендации по написанию курсовой работы

### **Оценочные и методические материалы**

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы
2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций
3. Типовые контрольные задания и методические материалы, процедуры оценивания знаний, умений и навыков

### **Глоссарий**

### **Методические рекомендации для преподавателя по дисциплине**

## 1. Цель и задачи освоения дисциплины:

**Целью** освоения дисциплины «Исследование операций» является овладение студентами знаниями и умениями проводить количественное обоснование принимаемых решений по организации управления.

Основные **задачи** дисциплины:

- привить студентам умение и навыки использования знаний по дисциплине «Исследование операций» в профессиональной деятельности;
- развитие у студентов навыков использования математических методов и моделей в решении задач эффективного управления экономическими системами;
- развитие навыков математического описания экономических и управленческих задач, корректного построения математических моделей, разработки алгоритмов, выбора и применения аналитических и численных методов решения поставленных задач.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых дисциплин		
		1	2	3
1	Методы оптимизации в экономике	+	+	+
2	Научно-исследовательская работа	+	+	

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций с установленными к ним индикаторами:

### Компетенции и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-16 — Способен применять системный подход и математические методы в формализации решения прикладных задач	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.2 — уметь применять системный подход в построении экономико-математических моделей; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.

## 4. Тематический план изучения дисциплины

См. приложение

## 5. Содержание разделов и тем дисциплины

### РАЗДЕЛ 1 (модуль 1) Модели линейного программирования и его приложения

## **Тема 1. Введение. Общая постановка задачи линейного программирования**

Предмет дисциплины. Цель и задачи исследования операций. Основные понятия и определения. Общая постановка задачи исследования операции. Факторы постоянные и зависимые. Целевая функция. Классификация моделей (задач) исследования операций. Краткая характеристика моделей исследования операций.

Понятие о модели и экономико-математической модели. Три основных этапа проведения экономико-математического моделирования. Общая задача линейного программирования. Понятие о линейной функции, системе ограничений, оптимальном плане, стандартной и канонической задачах. Приведение задачи линейного программирования к канонической или стандартной

## **Тема 2. Элементы линейной алгебры и геометрии выпуклых множеств**

Система  $m$  линейных уравнений с  $n$  переменными. Выпуклые множества точек. Геометрический смысл решений неравенств, уравнений и их систем.

## **Тема 3. Теоретические основы методов линейного программирования**

Выпуклые множества в  $n$ -мерном пространстве. Свойства задачи линейного программирования.

## **Тема 4. Геометрический метод решения задач линейного программирования**

Геометрический метод решения задач линейного программирования.

## **Тема 5. Симплексный метод**

Геометрическая интерпретация симплексного метода. Отыскание максимума линейной функции. Отыскание минимума линейной функции. Определение первоначального допустимого базисного решения. Особые случаи симплексного метода. Симплексные таблицы. Понятие об М-методе (методе искусственного базиса).

## **Тема 6. Двойственные задачи**

Экономическая интерпретация задачи, двойственной задаче об использовании ресурсов. Взаимно двойственные задачи линейного программирования и их свойства. Первая теорема двойственности. Вторая теорема двойственности. Объективно обусловленные оценки и их смысл.

## **Тема 7. Транспортная задача**

Экономико-математическая модель транспортной задачи. Нахождение первоначального базисного распределения поставок. Критерий оптимальности базисного распределения поставок. Распределительный метод решения транспортной задачи. Открытая модель транспортной задачи.

## **Тема 8. Модели целочисленного линейного программирования**

Постановка задачи целочисленного программирования. Методы отсечения. Метод Гомори. Понятие о методе ветвей и границ.

## **Тема 9. Элементы теории игр**

Понятие об игровых моделях. Платежная матрица. Нижняя и верхняя цена игры. Решение игр в смешанных стратегиях. Геометрическая интерпретация игры  $2 \times 2$ . Приведение матричной игры к задаче линейного программирования.

## **РАЗДЕЛ 2 (модуль 2) Модели нелинейного программирования**

## **Тема 10. Классические методы оптимизации**

Классические методы определения экстремумов. Метод множителей Лагранжа.

## **Тема 11. Модели выпуклого программирования**

Производная по направлению и градиент. Выпуклые функции. Задача выпуклого программирования. Приближенное решение задач выпуклого программирования методом кусочно-линейной аппроксимации. Методы спуска. Приближенное решение задач выпуклого программирования градиентным методом. Понятие о параметрическом и стохастическом программировании.

**Тема 12. Модели динамического программирования**

Общая постановка задачи динамического программирования. Принцип оптимальности и уравнения Беллмана. Задача о распределении средств между предприятиями. Общая схема применения метода динамического программирования. Задача об оптимальном распределении ресурсов между отраслями на  $n$  лет. Задача о замене оборудования.

**Тема 13. Применение ЭВМ для решения задач математического программирования**

Алгоритмы решения задач на ЭВМ. Проблемы ошибок округления и решение оптимизационных задач с большой размерностью.

**РАЗДЕЛ 3 (модуль 3) Специальные модели исследования операций**

**Тема 14. Модели сетевого планирования и управления**

Назначение и области применения сетевого планирования и управления. Сетевая модель и ее основные элементы. Порядок и правила построения сетевых графиков. Упорядочение сетевого графика. Понятие о пути. Временные параметры сетевых графиков. Сетевое планирование в условиях неопределенности. Коэффициент напряженности работы. Анализ и оптимизация сетевого графика. Оптимизация сетевого графика методом время—стоимость.

**Тема 15. Элементы теории массового обслуживания**

Системы массового обслуживания: основные понятия, классификация. Понятие марковского случайного процесса. Потоки событий. Уравнения Колмогорова. Предельные вероятности состояний. Процесс гибели и размножения. Системы массового обслуживания с отказами. Системы массового обслуживания с ожиданием (очередью). Понятие о статистическом моделировании систем массового обслуживания (методе Монте-Карло).

**Тема 16. Модели управления запасами**

Модели управления запасами (основные понятия). Статическая детерминированная модель без дефицита. Статическая детерминированная модель с дефицитом. Стохастические модели управления запасами. Стохастические модели управления запасами с фиксированным временем задержки поставок.

**6. План практических (семинарских) занятий**

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Наименование и содержание практических (семинарских) занятий	Формируемые компетенции	Формы контроля усвоения знаний
1.	Введение. Общая постановка задачи линейного программиро	Общая постановка задачи исследования операции. Целевая функция. Классификация и краткая характеристика моделей исследования операций. Общая задача линейного	ПК-16	Опрос; тест или экспресс-контроль.

	вания	программирования. Приведение задачи линейного программирования к канонической или стандартной		
2.	Элементы линейной алгебры и геометрии выпуклых множеств	Система $m$ линейных уравнений с $n$ переменными. Выпуклые множества точек. Геометрический смысл решений неравенств, уравнений и их систем	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
3.	Теоретические основы методов линейного программирования	Выпуклые множества в $n$ -мерном пространстве. Свойства задачи линейного программирования	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
4.	Геометрический метод решения задач линейного программирования	Геометрический метод решения задач линейного программирования	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
5.	Симплексный метод	Геометрическая интерпретация симплексного метода. Отыскание максимума линейной функции. Отыскание минимума линейной функции. Определение первоначального допустимого базисного решения. Особые случаи симплексного метода. Симплексные таблицы. Метод искусственного базиса (М-метод)	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
6.	Двойственные задачи	Экономическая интерпретация задачи, двойственной задаче об использовании ресурсов. Взаимно двойственные задачи линейного программирования. Первая теорема двойственности. Вторая теорема двойственности. Объективно обусловленные оценки и их смысл	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
7.	Транспортная задача	Экономико-математическая модель транспортной задачи. Нахождение первоначального базисного распределения поставок. Распределительный метод решения транспортной задачи. Открытая модель транспортной задачи	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
8.	Модели целочисленного линейного программирования	Задачи целочисленного программирования. Метод Гомори. Метод ветвей и границ	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-

	вания			контроль.
9.	Элементы теории игр	Платежная матрица. Нижняя и верхняя цена игры. Решение игр в смешанных стратегиях. Геометрическая интерпретация игры $2 \times 2$ . Приведение матричной игры к задаче линейного программирования	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
10.	Классические методы оптимизации	Классические методы определения экстремумов. Метод множителей Лагранжа	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
11.	Модели выпуклого программирования	Выпуклые функции. Приближенное решение задач выпуклого программирования методом кусочно-линейной аппроксимации. Методы спуска. Приближенное решение задач выпуклого программирования градиентным методом. Понятие о параметрическом и стохастическом программировании	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
12.	Модели динамического программирования	Принцип оптимальности и уравнения Беллмана. Задача о распределении средств между предприятиями. Задача об оптимальном распределении ресурсов между отраслями на $n$ лет. Задача о замене оборудования	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
13.	Применение ЭВМ для решения задач математического программирования	Алгоритмы решения задач на ЭВМ. Проблемы ошибок округления	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
14.	Модели сетевого планирования и управления	Сетевая модель и ее основные элементы. Упорядочение сетевого графика. Временные параметры сетевых графиков. Сетевое планирование в условиях неопределенности. Анализ и оптимизация сетевого графика. Оптимизация сетевого графика методом время—стоимость	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
15.	Элементы теории массового обслуживания	Марковский случайный процесс. Потoki событий. Уравнения Колмогорова. Предельные вероятности состояний. Процесс гибели и размножения. Системы массового обслуживания с отказами. Системы	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.

		массового обслуживания с ожиданием (очередью). Статистическое моделирование систем массового обслуживания (методом Монте-Карло)		
16.	Модели управления запасами	Статическая детерминированная модель без дефицита. Статическая детерминированная модель с дефицитом. Стохастические модели управления запасами. Стохастические модели управления запасами с фиксированным временем задержки поставок	ПК-16	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.

## 7. Образовательные технологии

При проведении учебных занятий по дисциплине для успешного освоения применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают развитие навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств.

Методы / Формы	Лекции (Л)	Семинарские занятия (С)
Работа в команде		+
Поисковый метод	+	+
Проектный метод		+
Исследовательский метод		+
Выступление в роли обучающего	+	

## 8. План самостоятельной работы студентов

№ п/п	Содержание самостоятельной работы студентов	Формируемые компетенции	Форма отчетности студента
1	Изучение, проработка лекций и учебной и научной литературы	ПК-16	Конспект, опрос
2	Подготовка к семинарским занятиям	ПК-16	Конспект, опрос, решение задач у доски
3	Подготовка к тестированию или экспресс-контролю	ПК-16	Ответы на тест или экспресс-контроль
4	Выполнение контрольной работы (для заочной формы обучения)	ПК-16	Контрольная работа
5	Подготовка к экзамену	ПК-16	Экзамен

## 9. Контроль знаний по дисциплине

По дисциплине предусмотрены текущий контроль и промежуточная аттестация.

*Текущий контроль* успеваемости студента – одна из составляющих оценки качества усвоения образовательных программ. Текущий контроль проводится в течение семестра путем опросов, совместного решения задач на практических занятиях, а также путем тестирования (в системе Moodle или с помощью экспресс-контроля, когда студенты выполняют короткие контрольные задания на письменно, без применения компьютеров).



*Промежуточная аттестация* проводится по окончании изучения дисциплины в виде экзамена. Вопросы к промежуточной аттестации сформулированы в **Оценочных и методических материалах**.

## **10. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1. Исследование операций в экономике : учебник для вузов / под ред. Н. Ш. Кремера. — Москва : Издательство ЮРАЙТ, 2022. — 414 с. (Высшее образование). — Режим доступа: <https://urite.ru/viewer/issledovanie-operaciy-v-ekonomike-488643> на ЭБС ЮРАЙТ.

2. Косоруков О. А. Модели исследования операций : учебник / О. А. Косоруков, М. А. Халиков, Г. П. Фомин. — Москва : РУСАЙНС, 2022. — 190 с. — Режим доступа: <https://book.ru/books/944821> на ЭБС ВООК.ru.

### **б) дополнительная литература:**

1. Новиков А. И. Исследование операций в экономике : Учебник для бакалавров / А. И. Новиков. — Москва : Дашков и К, 2020. — 352 с. — Режим доступа: <https://ibooks.ru/products/375433> на ЭБС ibooks.

2. Леонов Ю. А. Исследование операций. Практикум / Ю. А. Леонов, Е. А. Леонов, Л. Б. Филиппова, Р. А. Филиппов. — Москва : Флинта, 2018. — 161 с. — Режим доступа: <https://ibooks.ru/products/359397> на ЭБС ibooks.

### **в) Лицензионное программное обеспечение**

1. Офисный пакет приложений Microsoft Office;
2. Mirapolis Virtual Room.

### **г) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

3. Официальный сайт СПбГУП: <http://www.gup.ru/>
4. Электронно-библиотечная система СПбГУП: <http://www.library.gup.ru/>
5. Системы поддержки самостоятельной работы СПбГУП: <http://edu.gup.ru/>
6. Справочная правовая система «КонсультантПлюс» (версия ПРОФ), установленная в Университете
7. Российское образование <http://www.edu.ru/>
8. Единое окно доступа к образовательным ресурсам <http://window.edu.ru/>
9. Электронно-библиотечная система <http://e.lanbook.com/>

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

Аудиторный фонд с демонстрационным оборудованием и техническими средствами обучения, учебно-наглядные пособия и методические ресурсы кафедры, фонды Научной библиотеки.

Изучение дисциплины инвалидами и обучающимися с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья обучающихся.

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

## 1. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа в высшем учебном заведении является важной организационной формой индивидуального изучения студентами программного материала. Эти слова особенно актуальны в наше время, когда в педагогике высококвалифицированных специалистов широко используется дистанционное обучение, предполагающее значительную самостоятельную работу студента на основе рекомендаций преподавателя.

## 2. Методические рекомендации по подготовке к практическим (семинарским) занятиям

*Семинарские занятия* — важная форма учебного процесса. Они способствуют закреплению и углублению знаний, полученных студентами на лекциях и в результате самостоятельной работы над научной и учебной литературой. Семинарские занятия призваны развивать самостоятельность мышления, умение делать выводы, связывать теоретические положения с практикой, формировать профессиональное сознание. Кроме того, семинары — это средство контроля преподавателей за самостоятельной работой студентов, они непосредственно влияют на уровень подготовки к итоговым формам отчетности (зачетам и экзаменам).

Для качественного и эффективного изучения дисциплины необходимо овладение навыками работы с книгой, воспитание в себе стремления и привычки получать новые знания из научной и иной специальной литературы. Без этих качеств не может быть настоящего специалиста ни в одной области деятельности.

Студент должен проявить инициативу в поиске источников. Начать поиск следует с перечня рекомендуемой литературы. В конечном счете, работа с учебной научной литературой должна привести к выработке у студента умения самостоятельно размышлять о предмете и объекте изучения.

## 3. Методические рекомендации по написанию контрольных работ

Выполнение контрольной работы является промежуточной формой отчетности по изучаемой дисциплине. Контрольная работа — это важная составляющая изучения дисциплины, а также эффективная форма контроля знаний. При заочном обучении она выступает как обязательная, основная форма самостоятельной работы. Выполнение контрольной работы является одним из условий допуска студента к сдаче экзамена.

Контрольная работа должна соответствовать установленным требованиям, то есть в ней должны быть раскрыты все вопросы и решены все задачи, согласно варианту задания. Для этого студент должен регулярно работать в университетской и городской библиотеке, вдумчиво конспектировать лекции преподавателей.

При написании контрольной работы следует обращать особое внимание на грамотное использование терминологии. При употреблении впервые тех или иных терминов и понятий следует давать их определения либо в самом тексте, либо в сносках.

Приступая к контрольной работе, требуется сначала ознакомиться с имеющейся литературой по теме, изучить первоисточники и составить план.

### **Задания для написания контрольных работ (для заочной формы обучения)**

В контрольную работу по дисциплине «Исследование операций» входит 5 заданий. Все решения надлежит оформить в текстовом редакторе.

**Задание №1:** Решить задачу линейного программирования графическим методом. Выполнить проверку ответа с помощью функции *Excel* «Поиск решения». (Значения переменных, входящих в систему ограничений, неотрицательны.)

Варианты задания №1	
<p>Вариант 1.</p> $L(X) = 2x_1 + x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 \leq 1, \\ 2x_1 + x_2 \leq 3. \end{cases}$	<p>Вариант 6.</p> $L(X) = x_1 - 5x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + 3x_2 \leq 3, \\ x_1 \leq 4. \end{cases}$
<p>Вариант 2.</p> $L(X) = x_1 + 2x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 4, \\ x_1 - x_2 \geq 2. \end{cases}$	<p>Вариант 7.</p> $L(X) = 6 - 2x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 4, \\ x_2 \leq 3, \\ x_1 + x_2 \leq 8. \end{cases}$
<p>Вариант 3.</p> $L(X) = x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 4, \\ x_1 + x_2 \geq 5, \\ x_1 - x_2 \geq 3. \end{cases}$	<p>Вариант 8.</p> $L(X) = x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 \geq 8, \\ x_1 + 6x_2 \geq 4. \end{cases}$
<p>Вариант 4.</p> $L(X) = 3x_1 + x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 3, \\ 3x_1 - x_2 \leq 1. \end{cases}$	<p>Вариант 9.</p> $L(X) = 3x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 40, \\ x_1 + 2x_2 \geq 10. \end{cases}$
<p>Вариант 5.</p> $L(X) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_2 - x_3 \leq 2, \\ 2x_1 + 3x_2 \geq 6, \\ x_1 - 2x_2 \leq 2. \end{cases}$	<p>Вариант 10.</p> $L(X) = 3x_1 + 5x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 \leq 9, \\ 2x_1 + 5x_2 \leq 8, \\ x_1 + 2x_2 \geq 7. \end{cases}$

**Задание №2:** Решить задачу линейного программирования симплексным методом. Выполнить проверку ответа с помощью функции *Excel* «Поиск решения». (Значения переменных, входящих в систему ограничений, неотрицательны.)

Варианты задания №2	
Вариант 1.	Вариант 6.

$L(X) = 2x_1 + x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 \leq 1, \\ 2x_1 + x_2 \leq 3. \end{cases}$	$L(X) = x_1 - 5x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + 3x_2 \leq 3, \\ x_1 \leq 4. \end{cases}$
<p>Вариант 2.</p> $L(X) = x_1 + 2x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 4, \\ x_1 - x_2 \geq 2. \end{cases}$	<p>Вариант 7.</p> $L(X) = 6 - 2x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 \geq 4, \\ x_2 \leq 3, \\ x_1 + x_2 \leq 8. \end{cases}$
<p>Вариант 3.</p> $L(X) = x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 4, \\ x_1 + x_2 \geq 5, \\ x_1 - x_2 \geq 3. \end{cases}$	<p>Вариант 8.</p> $L(X) = x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 \geq 8, \\ x_1 + 6x_2 \geq 4. \end{cases}$
<p>Вариант 4.</p> $L(X) = 3x_1 + x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 3, \\ 3x_1 - x_2 \leq 1. \end{cases}$	<p>Вариант 9.</p> $L(X) = 3x_1 + x_2 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 2x_1 + x_2 \leq 40, \\ x_1 + 2x_2 \geq 10. \end{cases}$
<p>Вариант 5.</p> $L(X) = 3x_1 + 2x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_2 - x_3 \leq 2, \\ 2x_1 + 3x_2 \geq 6, \\ x_1 - 2x_2 \leq 2. \end{cases}$	<p>Вариант 10.</p> $L(X) = 3x_1 + 5x_2 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 \leq 9, \\ 2x_1 + 5x_2 \leq 8, \\ x_1 + 2x_2 \geq 7. \end{cases}$

**Задание №3:** Игра задана платежной матрицей. Найти решение игры симплекс-методом в редакторе *Excel* и указать набор смешанных стратегий игроков.

Варианты задания №3	
<p>Вариант 1.</p> $\begin{pmatrix} 2 & 5 \\ 6 & 4 \end{pmatrix}.$	<p>Вариант 6.</p> $\begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 3 & 2 \\ 0 & 5 \end{pmatrix}.$
<p>Вариант 2.</p> $\begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 3 & -2 \\ 0 & 5 \end{pmatrix}.$	<p>Вариант 7.</p> $\begin{pmatrix} 1 & 5 & 2 \\ 1 & 9 & 7 \end{pmatrix}.$

<p>Вариант 3.</p> $\begin{pmatrix} 10 & 5 & 2 \\ 1 & 9 & 7 \end{pmatrix}.$	<p>Вариант 8.</p> $\begin{pmatrix} 2 & 3 & -1 & 4 \\ 3 & 2 & 4 & -1 \end{pmatrix}.$
<p>Вариант 4.</p> $\begin{pmatrix} 2 & 3 & 1 & 4 \\ 3 & 2 & 4 & 1 \end{pmatrix}.$	<p>Вариант 9.</p> $\begin{pmatrix} 10 & 5 \\ 6 & 4 \end{pmatrix}.$
<p>Вариант 5.</p> $\begin{pmatrix} -2 & 5 \\ 6 & -4 \end{pmatrix}.$	<p>Вариант 10.</p> $\begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 3 & 2 \\ 5 & 5 \end{pmatrix}.$

**Задание №4:** С помощью симплекс-таблиц найти оптимальный план задачи линейного программирования. Построить двойственную задачу и найти её решение с помощью теорем двойственности.

Варианты задания №4	
<p>Вариант 1.</p> $L(X) = 2x_1 + x_2 + x_3 - x_4 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 - x_2 + x_3 = 1, \\ 2x_1 + x_2 + x_4 = 3. \end{cases}$	<p>Вариант 6.</p> $L(X) = 6 - 2x_1 + x_2 - 3x_3 + 2x_4 + 10x_5 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + 4x_4 = 4, \\ x_2 + 2x_4 + x_5 = 3, \\ 2x_2 + x_3 + 3x_4 = 8. \end{cases}$
<p>Вариант 2.</p> $L(X) = x_1 + 2x_2 + 2x_3 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \geq 4, \\ x_1 - x_2 + x_3 \geq 2. \end{cases}$	<p>Вариант 7.</p> $L(X) = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + x_3 \geq 8, \\ x_1 + 6x_2 + 9x_3 + 13x_4 \geq 4. \end{cases}$
<p>Вариант 3.</p> $L(X) = x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 + 6x_5 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 2x_2 + x_4 + 2x_5 = 4, \\ x_1 + x_2 + 4x_5 = 5, \\ x_3 + x_5 = 3. \end{cases}$	<p>Вариант 8.</p> $L(X) = 3x_1 + x_2 + 2x_3 \rightarrow \min$ $\begin{cases} 2x_1 + x_2 + x_3 = 40, \\ x_1 + 2x_2 + 2x_3 = 10. \end{cases}$
<p>Вариант 4.</p> $L(X) = 3x_1 + 2x_2 + x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_2 - x_3 + x_5 = 2, \\ 2x_1 + 3x_2 + x_4 = 6, \\ x_1 - 2x_2 + x_3 = 2. \end{cases}$	<p>Вариант 9.</p> $L(X) = 3x_1 + 5x_2 + 4x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} 3x_1 + 4x_2 + 2x_3 \leq 9, \\ 2x_1 + 5x_2 + x_3 \leq 8, \\ x_1 + 2x_2 + 4x_3 \geq 7. \end{cases}$

<p>Вариант 5.</p> $L(X) = x_1 - 5x_2 - x_3 \rightarrow \max$ $\begin{cases} x_1 + 3x_2 + 3x_3 = 3, \\ 2x_1 + 3x_3 \leq 4. \end{cases}$	<p>Вариант 10.</p> $L(X) = x_1 + 2x_2 + 2x_3 \rightarrow \min$ $\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 \geq 4, \\ x_1 - x_2 + x_3 \geq 2. \end{cases}$
--	---

**Задание №5 (варианты 1...5):** Торговая организация имеет четыре магазина (А, Б, В, Г), расположенных в разных районах города. Поставки продукции в эти магазины осуществляется с двух складов Е и Ж, которые вмещают 80 ед. и 37 единиц продукции соответственно. Потребности в товарах для магазинов А, Б, В и Г составляют 27, 25, 30 и 35 ед. товара соответственно. В таблице (см. ниже) даны транспортные издержки при перевозке продукции с двух существующих складов. Найти оптимальное распределение грузов при минимуме суммарной стоимости общих издержек на перевозки. Предполагается, что остальные издержки сохраняют существующие значения.

**Задание №5 (варианты 6...10):** Торговая организация имеет три магазина (А, Б, В), расположенных в разных районах города. Поставки продукции в эти магазины осуществляется с трех складов Г, Д и Е, которые вмещают 100, 150 и 200 ед. товаров соответственно. Потребности в товарах для магазинов А, Б и В составляют 200, 170 и 80 ед. товара соответственно. В таблице (см. ниже) приведены транспортные издержки при перевозке продукции с существующих складов. Найти оптимальное распределение грузов при минимуме суммарной стоимости общих издержек на перевозки. Предполагается, что остальные издержки сохраняют существующие значения.

Варианты задания №5																																																
<p>Вариант 1</p> <table border="1"> <tr> <td>Склад</td> <td colspan="4">Транспортные издержки, ден. ед.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>А</td> <td>Б</td> <td>В</td> <td>Г</td> </tr> <tr> <td>Е</td> <td>70</td> <td>85</td> <td>55</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>Ж</td> <td>110</td> <td>90</td> <td>75</td> <td>110</td> </tr> </table>					Склад	Транспортные издержки, ден. ед.					А	Б	В	Г	Е	70	85	55	120	Ж	110	90	75	110	<p>Вариант 6</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Склад</td> <td colspan="3">Транспорт. издержки, ден. ед.</td> </tr> <tr> <td>А</td> <td>Б</td> <td>В</td> </tr> <tr> <td>Г</td> <td>50</td> <td>80</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Д</td> <td>56</td> <td>90</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>Е</td> <td>100</td> <td>50</td> <td>70</td> </tr> </table>					Склад	Транспорт. издержки, ден. ед.			А	Б	В	Г	50	80	60	Д	56	90	65	Е	100	50	70
Склад	Транспортные издержки, ден. ед.																																															
	А	Б	В	Г																																												
Е	70	85	55	120																																												
Ж	110	90	75	110																																												
Склад	Транспорт. издержки, ден. ед.																																															
	А	Б	В																																													
Г	50	80	60																																													
Д	56	90	65																																													
Е	100	50	70																																													
<p>Вариант 2</p> <table border="1"> <tr> <td>Склад</td> <td colspan="4">Транспортные издержки, ден. ед.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>А</td> <td>Б</td> <td>В</td> <td>Г</td> </tr> <tr> <td>Е</td> <td>10</td> <td>55</td> <td>110</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Ж</td> <td>100</td> <td>20</td> <td>65</td> <td>110</td> </tr> </table>					Склад	Транспортные издержки, ден. ед.					А	Б	В	Г	Е	10	55	110	100	Ж	100	20	65	110	<p>Вариант 7</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Склад</td> <td colspan="3">Транспорт. издержки, ден. ед.</td> </tr> <tr> <td>А</td> <td>Б</td> <td>В</td> </tr> <tr> <td>Г</td> <td>150</td> <td>80</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>Д</td> <td>56</td> <td>100</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>Е</td> <td>100</td> <td>50</td> <td>70</td> </tr> </table>					Склад	Транспорт. издержки, ден. ед.			А	Б	В	Г	150	80	80	Д	56	100	65	Е	100	50	70
Склад	Транспортные издержки, ден. ед.																																															
	А	Б	В	Г																																												
Е	10	55	110	100																																												
Ж	100	20	65	110																																												
Склад	Транспорт. издержки, ден. ед.																																															
	А	Б	В																																													
Г	150	80	80																																													
Д	56	100	65																																													
Е	100	50	70																																													
<p>Вариант 3</p> <table border="1"> <tr> <td>Склад</td> <td colspan="4">Транспортные издержки, ден. ед.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>А</td> <td>Б</td> <td>В</td> <td>Г</td> </tr> <tr> <td>Е</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>2</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Ж</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>5</td> </tr> </table>					Склад	Транспортные издержки, ден. ед.					А	Б	В	Г	Е	5	6	2	1	Ж	8	9	7	5	<p>Вариант 8</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="2">Склад</td> <td colspan="3">Транспорт. издержки, ден. ед.</td> </tr> <tr> <td>А</td> <td>Б</td> <td>В</td> </tr> <tr> <td>Г</td> <td>80</td> <td>80</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>Д</td> <td>50</td> <td>70</td> <td>65</td> </tr> </table>					Склад	Транспорт. издержки, ден. ед.			А	Б	В	Г	80	80	20	Д	50	70	65				
Склад	Транспортные издержки, ден. ед.																																															
	А	Б	В	Г																																												
Е	5	6	2	1																																												
Ж	8	9	7	5																																												
Склад	Транспорт. издержки, ден. ед.																																															
	А	Б	В																																													
Г	80	80	20																																													
Д	50	70	65																																													

	Е	90	50	10
<b>Вариант 4</b>				
Склад	Транспортные издержки, ден. ед.			
	А	Б	В	Г
Е	15	11	10	12
Ж	18	17	13	16
<b>Вариант 9</b>				
Склад	Транспорт. издержки, ден. ед.			
	А	Б	В	
Г	85	95	75	
Д	55	90	65	
Е	10	55	40	
<b>Вариант 5</b>				
Склад	Транспортные издержки, ден. ед.			
	А	Б	В	Г
Е	50	80	60	20
Ж	56	90	65	90
<b>Вариант 10</b>				
Склад	Транспорт. издержки, ден. ед.			
	А	Б	В	
Г	1	5	5	
Д	4	2	4	
Е	7	6	3	

#### **Принципы выбора темы работы**

Студент выбирает вариант согласно последней цифре своего бейджа (0 равносильен варианту 10).

#### **4. Методические рекомендации по написанию курсовой работы**

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

## ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

**Оценочные и методические материалы** включают в себя:

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

### 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Контролируемые темы дисциплины	Код формируемой компетенции	Код и наименование индикатора достижения	Наименование оценочного средства
1	Введение. Общая постановка задачи линейного программирования	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.2 — уметь применять системный подход в построении экономико-математических моделей.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
2	Элементы линейной алгебры и геометрии выпуклых множеств	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
3	Теоретические основы методов линейного программирования	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения	Опрос; тест или экспресс-контроль.



			задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	
4	Геометрический метод решения задач линейного программирования	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
5	Симплексный метод	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
6	Двойственные задачи	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
7	Транспортная задача	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций;	Опрос; тест или экспресс-контроль.
8	Модели целочисленного линейного программирования	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного,	Опрос; тест или экспресс-контроль.

			динамического программирования.	
9	Элементы теории игр	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
10	Классические методы оптимизации	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
11	Модели выпуклого программирования	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
12	Модели динамического программирования	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
13	Применение ЭВМ для решения задач математического программирования	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть	Опрос; тест или экспресс-контроль.

			навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	
14	Модели сетевого планирования и управления	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций;	Опрос; тест или экспресс-контроль.
15	Элементы теории массового обслуживания	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
16	Модели управления запасами	ПК-16	ПК-16.1 — знать математические методы исследований операций; ПК-16.3 — владеть навыками решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования.	Опрос; тест или экспресс-контроль.
<b>Результат достижения планируемых результатов изучения дисциплины</b>				Экзамен

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

### Критерии оценивания (текущий контроль)

1. Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент имеет глубокие знания учебного материала по теме практического задания, в логической последовательности излагает материал; смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы;
2. Оценка «хорошо» выставляется, если студент показал знание учебного материала, смог ответить почти полностью на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы;
3. Оценка «удовлетворительно» выставляется, если студент в целом освоил материал; однако, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы;
4. Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по теме практического задания, который полностью не раскрыл содержание вопросов, не смог ответить на уточняющие и дополнительные вопросы.

5. Оценка результатов выполнения экспресс-заданий или тестов выставляется в виде дроби: отношение числа правильных ответов к количеству заданных вопросов.

### Критерии оценивания (экзамен)

Знания, умения, навыки и компетенции студентов оцениваются следующими оценками: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»

Оценка	Критерии оценивания
Отлично	Студент не только глубоко и прочно усвоил весь программный материал, но и проявил знания, выходящие за его пределы, почерпнутые из дополнительных источников (классическая литература, учебная литература, научно-популярная литература, научные статьи и монографии и т. п.); умеет самостоятельно обобщать программный материал, не допуская ошибок, проанализировать его с точки зрения различных школ и взглядов; увязывает знания с практикой, приводит примеры, демонстрирующие глубокое понимание материала или проблемы, свободно справляется с задачами и практическими заданиями; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно выстраивает свой ответ.
Хорошо	Студент твердо знает программный материал, грамотно и последовательно его излагает, увязывает с практикой, не допускает существенных неточностей в ответе на вопросы, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками в выполнении практических заданий и решении задач, испытывает незначительные затруднения при самостоятельном обобщении программного материала.
Удовлетворительно	Студент усвоил только основной программный материал, но не знает его отдельных положений, в ответе допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала, не в полной мере владеет необходимыми умениями и навыками в выполнении практических заданий и решении задач, испытывает затруднения при самостоятельном обобщении программного материала.
Неудовлетворительно	Студент не знает значительной части основного программного материала, в ответе допускает существенные ошибки, неправильные формулировки, не владеет необходимыми умениями и навыками в выполнении практических заданий и решении задач, испытывает значительные затруднения при самостоятельном обобщении программного материала.

### 3. Типовые контрольные задания и методические материалы, процедуры оценивания знаний, умений и навыков

#### ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ

#### Тестовые материалы по дисциплине

Банк тестовых вопросов размещен в ФОС по данной дисциплине.

## Структура банка тестовых вопросов для контроля знаний

№ п/п	Наименование темы	Количество тестовых вопросов по теме
1.	Введение. Общая постановка задачи линейного программирования	4
2.	Элементы линейной алгебры и геометрии выпуклых множеств	4
3.	Теоретические основы методов линейного программирования	4
4.	Геометрический метод решения задач линейного программирования	4
5.	Симплексный метод	4
6.	Двойственные задачи	4
7.	Транспортная задача	4
8.	Модели целочисленного линейного программирования	4
9.	Элементы теории игр	4
10.	Классические методы оптимизации	4
11.	Модели выпуклого программирования	4
12.	Модели динамического программирования	4
13.	Применение ЭВМ для решения задач математического программирования	4
14.	Модели сетевого планирования и управления	4
15.	Элементы теории массового обслуживания	4
16.	Модели управления запасами	4
	<b>Итого по дисциплине</b>	<b>64</b>

### ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ

#### Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации по дисциплине (экзамену)

1. Предмет дисциплины «Исследование операций». Цель и задачи исследования операций (примеры). Основные понятия и определения.
2. Общая постановка задачи исследования операции. Факторы постоянные и зависимые. Целевая функция. Классификация моделей (задач) исследования операций.
3. Краткая характеристика оптимизационных моделей исследования операций.
4. Краткая характеристика задач программирования в исследовании операций.
5. Краткая характеристика задач сетевого планирования, массового обслуживания, ремонта и замены в исследовании операций.
6. Краткая характеристика моделей принятия оптимальных решений в конфликтных ситуациях и многокритериальных задач в исследовании операций.
7. Понятие о модели и экономико-математической модели. Три основных этапа проведения экономико-математического моделирования.
8. Общая задача линейного программирования. Понятие о линейной функции, системе ограничений, оптимальном плане, стандартной и канонической задачах.
9. Приведение задачи линейного программирования к канонической или стандартной (сформулировать теорему).

10. Система  $m$  линейных уравнений с  $n$  переменными в задачах линейного программирования. Понятие об основных (или базисных) и неосновных (или свободных) переменных.
11. Теорема об условиях неопределенности системы уравнений. Понятие о базисных решениях и их количестве.
12. Выпуклое множество точек (определение, примеры). Теорема о пересечении выпуклых множеств. Понятия о внутренней, граничной и угловой точках множеств.
13. Понятия о замкнутом, ограниченном и неограниченном множествах. Выпуклый многогранник и выпуклая многогранная область (определение).
14. Геометрический смысл решений неравенств, уравнений и их систем (сформулировать теоремы).
15. Теорема о множестве допустимых решений системы  $m$  линейных уравнений с  $n$  переменными. Связь между допустимыми базисными решениями и угловыми точками множества.
16. Свойства задачи линейного программирования.
17. Геометрический метод решения двумерных задач линейного программирования. Понятие о линиях уровня линейной функции.
18. Симплексный метод решения задач линейного программирования. Геометрическая интерпретация симплексного метода. Три основных элемента реализации симплексного метода.
19. Правило выбора основных переменных в симплексном методе. Понятие о разрешающем уравнении. Критерии оптимальности при отыскании максимума и минимума линейной функции.
20. Двойственные задачи и их экономическая интерпретация. Взаимно двойственные задачи линейного программирования и их свойства. Алгоритм составления двойственных задач.
21. Связь между оптимальными решениями двойственных задач. Основное неравенство теории двойственности. Достаточный признак оптимальности.
22. Первая теорема двойственности и ее экономический смысл.
23. Соответствие между переменными двойственных задач. Связь между компонентами оптимальных решений взаимно двойственных задач.
24. Вторая теорема двойственности.
25. Понятие об объективно обусловленных оценках. Экономический смысл объективно обусловленных оценок.
26. Третья теорема двойственности и ее интерпретация с помощью объективно обусловленных оценок.
27. Транспортная задача, ее экономико-математическая модель, отличительные особенности. Понятие о закрытой и открытой транспортной задаче.
28. Теорема о ранге системы уравнений закрытой транспортной задачи и следствие из нее.
29. Нахождение базисных переменных в таблице поставок. Понятие об оценке свободной клетки таблицы поставок. Экономический смысл оценки свободной клетки.
30. Критерий оптимальности базисного распределения поставок. Теорема о потенциалах строки или столбца таблицы поставок.
31. Постановка задачи целочисленного программирования. Три основные группы методов целочисленной оптимизации. Сущность методов отсечения.
32. Правильное отсечение и алгоритм решения задачи целочисленного программирования методом Гомори.
33. Основные понятия об игровых моделях.
34. Платежная матрица игровой модели. Нижняя, верхняя и чистая цена игры. Стратегии максиминная, минимаксная и оптимальная. Седловая точка.
35. Понятие о смешанной стратегии игрока. Решение игры в смешанных стратегиях, цена игры. Теорема Неймана.
36. Теорема об активных стратегиях. Вывод расчетных формул для определения оптимального решения игры  $2 \times 2$  при отсутствии седловой точки.
37. Классические методы определения экстремумов нелинейных задач. Понятия о локальном, глобальном и условном экстремумах и о стационарной точке.
38. Необходимое и достаточные условия экстремума. Теорема Вейерштрасса.
39. Производная функции по направлению. Градиент функции и его интерпретация.
40. Функции выпуклые, строго выпуклые, вогнутые, строго вогнутые. Алгебраические и аналитические

- свойства выпуклых функций. Критерий Сильвестра.
41. Задача выпуклого программирования. Условие единственности решения задачи выпуклого программирования.
  42. Понятия о сепарабельной функции и о параметрических уравнениях отрезка. Приближенное решение задач выпуклого программирования методом кусочно-линейной аппроксимации.
  43. Методы спуска, градиентные методы и метод скорейшего спуска. Приближенное решение задач выпуклого программирования методом скорейшего спуска.
  44. Общая постановка задачи динамического программирования. Отличительные особенности модели динамического программирования.
  45. Принцип оптимальности Беллмана. Понятие об условном максимуме целевой функции.
  46. Модели сетевого планирования и управления. Сетевая модель и ее основные элементы.
  47. Порядок и правила построения сетевых графиков.
  48. Упорядочение сетевого графика. Понятия о пути, критическом пути, критическом времени и о линейной диаграмме проекта.
  49. Временные параметры сетевых графиков.
  50. Коэффициент напряженности работы на сетевом графике. Три зоны работ.
  51. Анализ и оптимизация сетевого графика. Оптимизация частная и комплексная. Оптимизация сетевого графика методом время—стоимость.
  52. Системы массового обслуживания. Понятие о марковском случайном процессе.
  53. Граф состояния. Поток событий и его разновидности.
  54. Математическое описание марковского случайного процесса уравнениями Колмогорова. Правило составления уравнений Колмогорова.
  55. Предельные вероятности состояний и их смысл. Правило составления системы линейных алгебраических уравнений для предельных вероятностей состояний.
  56. Системы массового обслуживания с отказами, показатели эффективности. Одноканальная система с отказами, ее пропускная способность.
  57. Многоканальная система с отказами, формулы Эрланга для предельных вероятностей состояний.
  58. Системы массового обслуживания с ожиданием, показатели эффективности. Одноканальная система с неограниченной очередью, формулы Литтла о среднем числе заявок.
  59. Статическая детерминированная модель управления запасами без дефицита.
  60. Затраты на хранение запаса при линейном его расходе. Формула наиболее экономичного объема партии (формула Уилсона).

### **Примерные дополнительные вопросы на экзамене**

1. Симплексные таблицы.
2. Понятие об М-методе (методе искусственного базиса).
3. Понятие о двойственном симплексном методе.
4. Распределительный метод решения транспортной задачи.
5. Открытая модель транспортной задачи.
6. Объективно обусловленные оценки как инструмент анализа и принятия решений на производстве.
7. Понятие о методе ветвей и границ.
8. Геометрическая интерпретация игры  $2 \times 2$ .
9. Приведение матричной игры к задаче линейного программирования.
10. Метод множителей Лагранжа.
11. Понятие об уравнениях связи.
12. Общая схема применения метода динамического программирования.
13. Понятие о параметрическом и стохастическом программировании.
14. Сетевое планирование в условиях неопределенности.
15. Процесс гибели и размножения.
16. Понятие о статистическом моделировании систем массового обслуживания (методе Монте-Карло).

17. Системы массового обслуживания с ограниченной очередью или с ограниченным временем ожидания.
18. Модели управления запасами (основные понятия, критерий эффективности, цель управления). Понятие о детерминированной, стохастической, статической и динамической моделях управления запасами.
19. Многоканальная система с неограниченной очередью..
20. Статическая детерминированная модель управления запасами с дефицитом.
21. Стохастические модели управления запасами.
22. Стохастические модели управления запасами с фиксированным временем задержки поставок.



## ГЛОССАРИЙ

**Задача выпуклого программирования** – разновидность задачи нелинейного программирования, в которой функции в системе ограничений и (или) критерий эффективности обладают свойствами выпуклости.

**Задача геометрического программирования** – разновидность оптимизационной задачи исследования операций, когда функции в системе ограничений и критерий эффективности задаются функциями вида  $c \cdot x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} \dots x_n^{\alpha_n}$ .

**Задача динамического программирования** – разновидность задачи математического программирования, в которой имеется переменная времени и критерий эффективности выражается не в явном виде как функция переменных, а косвенно – через уравнения, описывающие протекание операций во времени.

**Задача линейного программирования** – разновидность оптимизационной задачи исследования операций, когда функции в системе ограничений и критерий эффективности являются линейными функциями.

**Задача нелинейного программирования** – разновидность оптимизационной задачи исследования операций, когда функции в системе ограничений и (или) критерий эффективности являются нелинейными функциями.

**Задача параметрического программирования** – разновидность оптимизационной задачи исследования операций, когда функции в системе ограничений и (или) критерий эффективности зависят от параметров, т.е. заданы в параметрическом виде.

**Задача стохастического программирования** – разновидность оптимизационной задачи исследования операций, когда функции в системе ограничений и (или) критерий эффективности имеют случайный характер.

**Задача целочисленного линейного программирования** – разновидность задачи линейного программирования, решения которой должны быть целыми числами.

**Задачи выбора маршрута, или сетевые задачи,** – группа задач, которые чаще всего встречаются при исследовании разнообразных задач на транспорте и в системе связи и состоят в определении наиболее экономичных маршрутов.

**Задачи массового обслуживания** – группа задач, которые посвящены изучению и анализу систем обслуживания с очередями заявок или требований и состоят в определении показателей эффективности работы систем, их оптимальных характеристик, например, в определении числа каналов обслуживания, времени обслуживания и т.п.

**Задачи планировки и размещения** – группа задач, которые состоят в определении оптимального числа и места размещения новых объектов с учетом их взаимодействия с существующими объектами и между собой.

**Задачи распределения ресурсов** – группа задач, в которых определенный набор операций (работ) необходимо выполнять при ограниченных наличных ресурсах и требуется найти оптимальные распределения ресурсов между операциями или состав операций.

**Задачи ремонта и замены оборудования** – группа задач, возникающих в связи с износом и старением оборудования и необходимостью его замены с течением времени. Задачи сводятся к определению оптимальных сроков, числа профилактических ремонтов и проверок, а также моментов замены оборудования модернизированным.

**Задачи сетевого планирования и управления** – группа задач, которые рассматривают соотношения между сроками окончания крупного комплекса операций (работ) и моментами начала всех операций комплекса. Эти задачи состоят в нахождении минимальных продолжительностей комплекса операций, оптимального соотношения величин стоимости и сроков их выполнения.

**Задачи составления расписания (календарного планирования)** – группа задач, которые состоят в определении оптимальной очередности выполнения операций на различных видах оборудования.

**Задачи теории игр** – модели принятия оптимальных решений в конфликтных ситуациях, в которых сталкиваются интересы двух или более сторон, преследующих разные цели. В задачах теории игр необходимо выработать рекомендации по разумному поведению участников конфликта, определить их оптимальные стратегии.

**Задачи управления запасами** – группа задач, которые состоят в отыскании оптимальных значений уровня запасов (точек заказа) и размеров заказа. Особенность таких задач заключается в том, что с увеличением уровня запасов, с одной стороны, увеличиваются затраты на их хранение, но с другой стороны, уменьшаются потери вследствие возможного дефицита запасаемого продукта.

**Исследование операций** – научная дисциплина, занимающаяся разработкой и практическим применением методов наиболее эффективного управления различными организационными системами.

**Классические методы оптимизации** – разновидность методов решения оптимизационной задачи исследования операций, применяемые, когда функции в системе ограничений и критерий эффективности являются хотя бы дважды дифференцируемыми функциями.

**Методы математического программирования** – разновидность методов решения оптимизационной задачи исследования операций, применяемые, когда множество допустимых значений аргумента дискретно или функции заданы таблично (и в других случаях, когда классические методы оптимизации не работают).

**Многокритериальные задачи исследования операций** – разновидность методов решения оптимизационной задачи исследования операций, в которых успех операции оценивается не по одному, а сразу по нескольким критериям, одни из которых следует максимизировать, другие – минимизировать. Процедура состоит в отбрасывании (выбраковке) из множества допустимых решений заведомо неудачных решений, уступающих другим по всем критериям. В результате остаются так называемые эффективные (или паретовские) решения, множество которых обычно существенно меньше исходного. А окончательный выбор компромиссного решения (не оптимального по всем критериям, которого, как правило, не существует, а приемлемого по этим критериям) остается за человеком – лицом, принимающим решение.

**Модель операции** – это достаточно точное описание операции с помощью математического аппарата (различного рода функций, уравнений, систем уравнений и неравенств и т.п.). Составление модели операции требует понимания сущности описываемого явления и знания математического аппарата.

**Операция** – любое управляемое мероприятие, направленное на достижение цели. Результат операции зависит от способа ее проведения, организации, т.е. от выбора некоторых параметров.

**Оптимальное решение** – это решение, которое по тем или иным соображениям предпочтительнее других.

**Эффективность операции** – степень ее приспособленности к выполнению задачи. Количественно это выражается с помощью критерия эффективности (целевой функции).

## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Основной целью изучения дисциплины «Исследование операций» является овладение студентами знаниями и умениями проводить количественное обоснование принимаемых решений по организации управления. Дисциплина изучает математические модели и методы решения задач эффективного управления экономическими системами.

Форма промежуточной аттестации знаний — экзамен.

### Методические рекомендации для преподавателей

Тема занятия	Виды учебных занятий	Способы учебной деятельности	Методы обучения, формы педагогического общения	Средства обучения	Формы контроля
1	2	3	4	5	6
1. Введение. Общая постановка задачи линейного программирования	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос; тест или экспресс-контроль.
2. Элементы линейной алгебры и геометрии выпуклых множеств	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, алгоритмический; Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
3. Теоретические основы методов линейного программирования	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
4. Геометрический метод решения задач линейного программирования	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
5. Симплексный метод	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
6. Двойствен-	Лекция,	Группово	Методы:	Учебная	Опрос,

ные задачи	семинар	й, индивидуальный	объяснительно-иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	литература, банк задач и вопросов	совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
7. Транспортная задача	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, тесты	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
8. Модели целочисленного линейного программирования	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
9. Элементы теории игр	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
10. Классические методы оптимизации	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, алгоритмический; Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
11. Модели выпуклого программирования	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
12. Модели динамического программирования	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс-контроль.
13. Применение ЭВМ для решения задач	Лекция, семинар	Групповой, индивидуальный	Методы: объяснительно-иллюстративный,	Учебная литература, банк задач	Опрос, совместное решение

математическог о программирован ия		альный	репродуктивный. Формы: монолог/диалог	и вопросов	задач; тест или экспресс- контроль.
14. Модели сетевого планирования и управления	Лекция, семинар	Группово й, индивиду альный	Методы: объяснительно- иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс- контроль.
15. Элементы теории массового обслуживания	Лекция, семинар	Группово й, индивиду альный	Методы: объяснительно- иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс- контроль.
16. Модели управления запасами	Лекция, семинар	Группово й, индивиду альный	Методы: объяснительно- иллюстративный, репродуктивный. Формы: монолог/диалог	Учебная литература, банк задач и вопросов	Опрос, совместное решение задач; тест или экспресс- контроль.

## Тематический план изучения дисциплины «Исследование операций»

Год набора с 2019

форма обучения очная

Наименование разделов и тем	Всего	Трудоемкость по дисциплине					Формируемые компетенции
		контактная работа	в т.ч.			СР	
			лекции	Подгр/Лаб.	Пр/ сем		
1. Введение. Общая постановка задачи линейного программирования	12	6	3		3	6	ПК-16
2. Элементы линейной алгебры и геометрии выпуклых множеств	9	4	2		2	5	ПК-16
3. Теоретические основы методов линейного программирования	9	4	2		2	5	ПК-16
4. Геометрический метод решения задач линейного программирования	9	4	2		2	5	ПК-16
5. Симплексный метод	11	6	3		3	5	ПК-16
6. Двойственные задачи	9	4	2		2	5	ПК-16
7. Транспортная задача	9	4	2		2	5	ПК-16
8. Модели целочисленного линейного программирования	9	4	2		2	5	ПК-16
9. Элементы теории игр	11	6	3		3	5	ПК-16
10. Классические методы оптимизации	9	4	2		2	5	ПК-16
11. Модели выпуклого программирования	9	4	2		2	5	ПК-16
12. Модели динамического программирования	11	6	3		3	5	ПК-16
13. Применение ЭВМ для решения задач математического программирования	9	4	2		2	5	ПК-16
14. Модели сетевого планирования и управления	9	4	2		2	5	ПК-16
15. Элементы теории массового обслуживания	9	4	2		2	5	ПК-16
16. Модели управления запасами	9	4	2		2	5	ПК-16
Экзамен	27	27					
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>180</b>	<b>99</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>36</b>	<b>81</b>	
Зачетных единиц	5						

Наименование разделов и тем	Всего	Трудоемкость по дисциплине					Формируемые компетенции
		контактная работа	в т.ч.			СР	
			лекции	Подгр/Лаб.	Пр/сем		
1. Введение. Общая постановка задачи линейного программирования	10	1	1			9	ПК-16
2. Элементы линейной алгебры и геометрии выпуклых множеств	9	1			1	8	ПК-16
3. Теоретические основы методов линейного программирования	11	2	1		1	9	ПК-16
4. Геометрический метод решения задач линейного программирования	11	2			2	9	ПК-16
5. Симплексный метод	11	2			2	9	ПК-16
6. Двойственные задачи	12	3	1		2	9	ПК-16
7. Транспортная задача	11	2			2	9	ПК-16
8. Модели целочисленного линейного программирования	11	2			2	9	ПК-16
9. Элементы теории игр	11	2			2	9	ПК-16
10. Классические методы оптимизации	10	2			2	8	ПК-16
11. Модели выпуклого программирования	11	2			2	9	ПК-16
12. Модели динамического программирования	12	3	1		2	9	ПК-16
13. Применение ЭВМ для решения задач математического программирования	10	2			2	8	ПК-16
14. Модели сетевого планирования и управления	11	2			2	9	ПК-16
15. Элементы теории массового обслуживания	10	2			2	8	ПК-16
16. Модели управления запасами	10	2			2	8	ПК-16
Экзамен	9	9					
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>180</b>	<b>41</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>28</b>	<b>139</b>	
Зачетных единиц	5						