

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт вычислительной математики и информационных технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Д.А. Таюрский

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ОБРАЗОВАНИЯ (ДО КФУ)

» 20\_\_ г.

подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Исследование операций Б1.В.ОД.4**

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Андрианова А.А.

**Рецензент(ы):**

Коннов И.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Латыпов Р. Х.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 964518

Казань  
2018

## **Содержание**

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Андрианова А.А. кафедра системного анализа и информационных технологий отделение фундаментальной информатики и информационных технологий , Anastasiya.Andrianova@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

В курсе рассматриваются основные математические модели, задачи и методы, связанные с исследованием операций и принятием решений. Обсуждаются основные понятия, связанные с математическим моделированием задач принятия решения, рассматриваются теоретические и прикладные аспекты различных областей исследования операций: математическое программирование, теория массового обслуживания, теория оптимального управления, теория расписаний, теория игр, управление динамическими процессами. Практическая часть курса призвана дать обзор применения методов решения для прикладных задач в различных областях (экономика, управление, технологические процессы и пр.).

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.4 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.04 Прикладная математика и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Данная дисциплина базируется на знаниях из различных математических дисциплин - 'Математический анализ', 'Алгебра и геометрия', 'Методы оптимизации', 'Теория вероятностей и математическая статистика'. Данная дисциплина призвана дать представление о применяемых методах математического моделирования для ряда прикладных задач, возникающих в экономике, технике, управлении. Знания, полученные в рамках дисциплины, могут быть применены при написании выпускной квалификационной работы и в дальнейшей профессиональной деятельности выпускника бакалавриата.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                        | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|---|---|
| ОПК-1<br>(профессиональные компетенции) | готовностью к самостоятельной работе  |
| ПК-1<br>(профессиональные компетенции)  | способностью использовать стандартные пакеты прикладных программ для решения практических задач на электронных вычислительных машинах, отлаживать, тестировать прикладное программное обеспечение |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

- основные проблемы принятия решений в условиях неопределенности;
- основные модели и методы исследования операций и теории игр;
- основные приемы разработки математических моделей исследования операций.

2. должен уметь:

- анализировать ситуации принятия решения и подбирать для них адекватные математические модели;

- использовать методы математического программирования и теории игр для решения задач принятия решений.
- реализовывать программно алгоритмы решения задач исследования операций.

3. должен владеть:

- теоретическими знаниями об основных математических моделях, связанных с принятием решений;
- основным математическим аппаратом решения задач принятия решений;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания в своей профессиональной деятельности.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля   | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля   |
|----|---|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|-----------------------------|
|    |   |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                             |
| 1. | Тема 1. Постановка задачи принятия решений. Обзор методов линейного и нелинейного программирования. | 7       | 1                  | 2   | 0                       | 2                      | Письменное домашнее задание |
| 2. | Тема 2. Многокритериальная оптимизация.   | 7       | 2                  | 2   | 0                       | 2                      | Письменное домашнее задание |
| 3. | Тема 3. Теория расписаний как раздел исследования операций.   | 7       | 3                  | 2   | 0                       | 0                      | Письменное домашнее задание |

| N   | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля                                  |
|-----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|--|
|     |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |  |
| 4.  | Тема 4. Теория игр.<br>Антагонистические<br>игры.                              | 7       | 4-6                | 6   | 0                       | 4                      | Письменное<br>домашнее<br>задание<br>Контрольная<br>работа |
| 5.  | Тема 5. Теория игр.<br>Игры с<br>непротивоположными<br>интересами.             | 7       | 7-9                | 6   | 0                       | 4                      | Письменное<br>домашнее<br>задание                          |
| 6.  | Тема 6. Позиционные<br>игры.   | 7       | 10-11              | 4   | 0                       | 2                      | Письменное<br>домашнее<br>задание                          |
| 7.  | Тема 7. Оптимальное<br>управление. Метод<br>динамического<br>программирования. | 7       | 12-14              | 6   | 0                       | 4                      | Контрольная<br>работа<br>Письменное<br>домашнее<br>задание |
| 8.  | Тема 8. Оптимальное<br>управление.<br>Случайные марковские<br>процессы.        | 7       | 15-16              | 4   | 0                       | 0                      | Письменное<br>домашнее<br>задание                          |
| 9.  | Тема 9. Оптимальное<br>управления. Принцип<br>максимума<br>Понтрягина.         | 7       | 17                 | 2   | 0                       | 0                      | Письменное<br>домашнее<br>задание                          |
| 10. | Тема 10. Теория<br>массового<br>обслуживания.                                  | 7       | 18                 | 2   | 0                       | 0                      | Письменное<br>домашнее<br>задание                          |
| .   | Тема . Итоговая<br>форма контроля  | 7       |                    | 0   | 0                       | 0                      | Экзамен  |
|     | Итого  |         |                    | 36  | 0                       | 18                     |  |

## 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Постановка задачи принятия решений. Обзор методов линейного и нелинейного программирования.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Исторические сведения об исследовании операций. Математическая постановка задачи принятия решений в общем виде. Примеры производственных и экономических моделей исследования операций. Обзор методов линейного и нелинейного программирования для решения задач оптимизации.

**лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Построение нескольких моделей для принятия решений: задачи раскроя, планирования производства, транспортная задачи и пр. Анализ моделей линейного программирования на чувствительность: изменение коэффициентов целевой функции, изменение правых частей ограничений, добавление новых переменных, добавление новых ограничений.

## **Тема 2. Многокритериальная оптимизация.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Многокритериальная оптимизация. Понятие Парето-оптимальных решений. Необходимые и достаточные условия для получения Парето-оптимальных решений. Методы решения многокритериальных задач: сведение к однокритериальной задаче, метод идеальной точки, лексикографическая оптимизация, метод уступок.

### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Решение задач по нахождению Парето-оптимальных решений задач многокритериального линейного программирования.

## **Тема 3. Теория расписаний как раздел исследования операций.**

### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Постановка задачи теории оптимизации в общем виде как задача целочисленного программирования. Примеры частных случаев задач теории расписаний и методов их решений: минимизация времени выполнения задач для одной машины, минимизации максимального временного смещения для одной машины, минимизация времени работы конвейерной системы.

## **Тема 4. Теория игр. Антагонистические игры.**

### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Теория игр как раздел исследования операций. Постановка задачи теории игр в общем виде. Антагонистические игры двух игроков. Понятие решения антагонистической игры. Антагонистические матричные игры: решение матричных игр в чистых стратегиях, решение матричных игр в смешанных стратегиях, свойства оптимальных стратегий, графоаналитический метод, метод решения с помощью сведения к задаче линейного программирования.

### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Решение матричных игр в чистых и смешанных стратегиях с помощью поиска седловых точек, графоаналитического метода и метода сведения к задаче линейного программирования.

## **Тема 5. Теория игр. Игры с непротивоположными интересами.**

### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Игры с непротивоположными интересами. Особенности игр с непротивоположными интересами. Биматричные игры и свойства их решений. Понятие равновесия по Нэшу. Кооперативные игры: свойства решения кооперативной игры - от равновесия к целесообразности. Понятие дележа. Игры "с природой". Примеры природной неопределенности. Критерии принятия решений (критерий Вальда, критерий Сэвиджа, критерий пессимизма-оптимизма Гурвица).

### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Решение биматричных игр и игр с природой. Решение кооперативных игр, применяя подходы многокритериальной оптимизации.

## **Тема 6. Позиционные игры.**

### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Понятие позиционной игры с полной информацией. Представление игры в виде графа. Понятие стратегии в позиционной игре. Определение решения позиционной игры с полной информацией. Понятие позиционной игры с неполной информацией и ее отличие от игры с полной информацией.

### **лабораторная работа (2 часа(ов)):**

Решение простых позиционных игр.

## **Тема 7. Оптимальное управление. Метод динамического программирования.**

### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Постановка задачи оптимального управления. Управление в дискретном случае. Метод динамического программирования как реализация принципа оптимальности Беллмана. Исследование свойств метода динамического программирования на примере решения задачи распределения ресурсов.

### **лабораторная работа (4 часа(ов)):**

Решение задач методом динамического программирования: задача о замене оборудования, задача о ранце, задача о назначениях, задача коммивояжера и пр.

### **Тема 8. Оптимальное управление. Случайные марковские процессы.**

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Случайные марковские процессы как пример задачи оптимального управления. Свойства марковских процессов. Существование предельных вероятностей состояний. Обобщение метода динамического программирования для исследования свойств марковских процессов.

### **Тема 9. Оптимальное управления. Принцип максимума Понтрягина.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Задача оптимального управления в непрерывном случае. Задача оптимального быстродействия. Задача с закрепленными концами. Принцип максимума Понтрягина как необходимое условие оптимума.

### **Тема 10. Теория массового обслуживания.**

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Теория массового обслуживания как частный случай задачи исследования операций. Задача имитационного моделирования. Исследование системы с одним обслуживающим прибором без очереди, системы с несколькими обслуживающими приборами без очереди, системы с одним обслуживающим прибором с очередью, системы с несколькими обслуживающими приборами с очередью.

## **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

| N  | Раздел<br>Дисциплины  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|----|---|---------|--------------------|--|---------------------------|---|
| 1. | Тема 1. Постановка задачи принятия решений. Обзор методов линейного и нелинейного программирования. | 7       | 1                  | подготовка домашнего задания                   | 4                         | Письменное домашнее задание                 |
| 2. | Тема 2. Многокритериальная оптимизация.   | 7       | 2                  | подготовка домашнего задания                   | 6                         | Письменное домашнее задание                 |
| 3. | Тема 3. Теория расписаний как раздел исследования операций.   | 7       | 3                  | подготовка домашнего задания                   | 4                         | Письменное домашнее задание                 |
| 4. | Тема 4. Теория игр. Антагонистические игры.   | 7       | 4-6                | подготовка домашнего задания                   | 8                         | Письменное домашнее задание                 |
|    |   |         |                    | подготовка к контрольной работе                | 4                         | Контрольная работа                          |
| 5. | Тема 5. Теория игр. Игры с непротивоположными интересами.   | 7       | 7-9                | подготовка домашнего задания                   | 6                         | Письменное домашнее задание                 |
| 6. | Тема 6. Позиционные игры.   | 7       | 10-11              | подготовка домашнего задания                   | 4                         | Письменное домашнее задание                 |



| N   | Раздел<br>Дисциплины  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды<br>самостоятельной<br>работы<br>студентов | Трудоемкость<br>(в часах) | Формы контроля<br>самостоятельной<br>работы |
|-----|---|---------|--------------------|--|---------------------------|---|
| 7.  | Тема 7. Оптимальное управление. Метод динамического программирования. | 7       | 12-14              | подготовка домашнего задания                   | 8                         | Письменное домашнее задание                 |
|     |   |         |                    | подготовка к контрольной работе                | 4                         | Контрольная работа                          |
| 8.  | Тема 8. Оптимальное управление. Случайные марковские процессы.        | 7       | 15-16              | подготовка домашнего задания                   | 8                         | Письменное домашнее задание                 |
| 9.  | Тема 9. Оптимальное управления. Принцип максимума Понтрягина.         | 7       | 17                 | подготовка домашнего задания                   | 8                         | Письменное домашнее задание                 |
| 10. | Тема 10. Теория массового обслуживания.                               | 7       | 18                 | подготовка домашнего задания                   | 8                         | Письменное домашнее задание                 |
|     | Итого   |         |                    |  | 72                        |   |

**5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

Занятия по курсу проводятся в форме лекций и лабораторных работ. Во время лекций студенты вовлекаются в дискуссии и совместное решение типовых задач, что позволяет им быстрее и лучше усвоить теоретический материал. Лабораторные работы проводятся в форме совместного и самостоятельного решения задач принятия решений, а также написания программных продуктов для их решения. Курс предполагает самостоятельную работу студентов, в рамках которой студенты выполняют некоторые теоретические упражнения, а также решают задачи различной сложности для получения навыков математического моделирования задач принятия решений.

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Тема 1. Постановка задачи принятия решений. Обзор методов линейного и нелинейного программирования.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:  
Выполнение домашнего задания на анализ чувствительности задач линейного программирования на примере задачи планирования производства. Анализ при изменении цен на продукцию, запасов ресурсов, появлении нового вида продукта, появлении нового вида ресурса.

**Тема 2. Многокритериальная оптимизация.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:  
Выполнение домашнего задания на решение многокритериальных задач линейного программирования методом идеальной точки, методом уступок и методом лексикографической оптимизации.

**Тема 3. Теория расписаний как раздел исследования операций.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:



Решение теоретических упражнений о свойствах задач теории расписаний: доказательство эквивалентности критерия минимизации максимального временного смещения и максимального запаздывания, модификация правила SPT для задач с приоритетами.

#### **Тема 4. Теория игр. Антагонистические игры.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Контрольная работа призвана проверить знания студентов в области решения антагонистических матричных игр. Типовой вариант содержит платежную матрицу игры и три задания: 1) доказательство отсутствия или наличия решения игры в чистых стратегиях; 2) анализ возможности понижения размерности игры путем анализа на наличие доминирующих стратегий; 3) поиск оптимальных смешанных стратегий игроков (графоаналитическим методом или методом сведения к паре двойственных задач линейного программирования).

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение антагонистических матричных игр в чистых и смешанных стратегиях. Поиск минимаксной и максиминной стратегии. Понижение порядка игры путем анализа на наличие доминирующих стратегий. Определение оптимальных смешанных стратегий для игр  $2 \times n$  и  $n \times 2$  графоаналитическим методом. Определение оптимальных смешанных стратегий путем решения пары двойственных задач линейного программирования.

#### **Тема 5. Теория игр. Игры с непротивоположными интересами.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач на поиск ситуаций равновесия в биматричных играх, определении дележей при условии кооперации, определении оптимальных стратегий для игр "с природой".

#### **Тема 6. Позиционные игры.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Построение графов позиционных игр с полной информацией и с неполной информацией. Определение оптимальных стратегий на основе смешанных стратегий.

#### **Тема 7. Оптимальное управление. Метод динамического программирования.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Написание программы для решения заданной дискретной задачи управления методом динамического управления.

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач распределения ресурсов, размещения производства, раскроя и др. методом динамического программирования. Моделирование задач управления в терминах метода динамического программирования.

#### **Тема 8. Оптимальное управление. Случайные марковские процессы.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач на исследование свойств случайных марковских процессов. Определение предельных вероятностей состояний.

#### **Тема 9. Оптимальное управления. Принцип максимума Понтрягина.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение нескольких задач оптимального управления с закрепленными концами посредством анализа на выполнение условий принципа максимума Понтрягина (оптимизация функции Гамильтона и решение сопряженной системы дифференциальных уравнений).

#### **Тема 10. Теория массового обслуживания.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Исследование нескольких моделей массового обслуживания с заданными графами переходов.

#### **Итоговая форма контроля**

экзамен

Примерные вопросы к экзамену:

По данной дисциплине предусмотрено проведение экзамена.

1. Постановка задачи принятия решений в общем виде.
2. Многокритериальная задача оптимизации. Понятие Парето-оптимального решения.
3. Многокритериальная задача оптимизации. Методы ее решения.
4. Задача минимизации суммарного времени завершения задач для одной машины.
5. Задача минимизации максимального временного смещения для одной машины.
6. Задача минимизации времени работы конвейерной системы.
7. Определение задачи теории игр.
8. Определение решения антагонистической игры двух лиц как седловой точки функции выигрыша первого игрока.
9. Определение матричной игры.
10. Принцип гарантированного результата. Гарантирующие стратегии. Соотношение гарантированных результатов игроков.
11. Ситуация равновесия. Свойства ситуации равновесия. Оптимальность ситуации равновесия.
12. Смешанные стратегии. Преимущества смешанных стратегий.
13. Свойства оптимальных смешанных стратегий.
14. Графоаналитический метод решения матричных игр.
15. Сведение матричной игры к решению пары двойственных задач линейного программирования.
16. Биматричные игры. Ситуация равновесия по Нэшу.
17. Понятие кооперативной игры. Особенности понятия решения кооперативной игры.
18. Понятие дележа в кооперативной игре.
19. Игра с "природой". Критерии Вальда, Сэвиджа, Гурвица и их сравнение.
20. Постановка задачи оптимального управления. Принцип оптимальности Беллмана.
21. Метод динамического программирования для дискретной задачи управления.
22. Случайные марковские процессы. Общие свойства марковских процессов.
23. Оптимальное управление в условиях неопределенности.
24. Задача оптимального управления в непрерывном случае. Принцип максимума Понтрягина.
25. Задачи и модели теории массового обслуживания.
26. Имитационное моделирование как инструмент исследования задач массового обслуживания.

### 7.1. Основная литература:

1. Шапкин А. С. Математические методы и модели исследования операций / Шапкин А.С., Шапкин В.А. - М.: Дашков и К, 2016. - 400 с. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=557767>
2. Лемешко Б. Ю. Теория игр и исследование операций / Лемешко Б.Ю. - Новосиб.: НГТУ, 2013. - 167 с. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=558878>
3. Сигал А. В. Теория игр и ее экономические приложения : учеб. пособие / А.В. Сигал. - М. : ИНФРА-М, 2019. - 418 с. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=967152>
4. Балдин, К. В. Математическое программирование [Электронный ресурс] : Учебник / К. В. Балдин, Н. А. Брызгалов, А. В. Рукосуев; Под общ. ред. д.э.н., проф. К. В. Балдина. - 2-е изд. - М.: Издательско-торговая корпорация 'Дашков и К-', 2018. - 218 с. URL: <http://znanium.com/bookread2.php?book=415097>
5. Андрианова А.А., Хабибуллин Р.Ф. Принятие решений в условиях неопределенности / А.А. Андрианова, Р.Ф. Хабибуллин. - Казань: Казан. ун-т, 2015. - 25 с. URL: [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/20356/09\\_104\\_001107.pdf](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/20356/09_104_001107.pdf)

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Введение в методы и алгоритмы принятия решений: Учебное пособие / В.Г. Дорогов, Я.О. Теплова. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2012. - 240 с. URL: <http://www.znaniyum.com/bookread.php?book=241287>
2. Новиков, А. И. Теория принятия решений и управление рисками в финансовой и налоговой сферах [Электронный ресурс] : Учебное пособие для бакалавров / А. И. Новиков. - М.: Дашков и К, 2017. - 285 с. URL: <http://znaniyum.com/bookread.php?book=415289>
3. Мыльник, В. В. Исследование систем управления: Учебное пособие / В.В. Мыльник, Б.П. Титаренко. - 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 238 с. URL: <http://znaniyum.com/bookread2.php?book=446802>
4. Золотарев, А.А. Методы оптимизации распределительных процессов [Электронный ресурс] / А.А. Золотарев. - М.: Инфра-Инженерия, 2014. - 160 с. URL: <http://znaniyum.com/bookread2.php?book=520282>

## 7.3. Интернет-ресурсы:

Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>  
Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>  
Портал с ресурсами по теории игр - <http://www.gametheory.net/>  
Сайт с материалами по естественно-научным дисциплинам - <http://en.edu.ru/>  
Сайт с учебными материалами по математическим дисциплинам - <http://www.exponenta.ru/>

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Исследование операций" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером) или мультимедийным оборудованием.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.04 "Прикладная математика" и профилю подготовки Математическое моделирование .

Автор(ы):

Андрианова А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Коннов И.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.