

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. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Методы оптимизации и исследование операций Б1.Б.21

Направление подготовки: 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

Профиль подготовки: Системный анализ и информационные технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Коннов И.В.

**Рецензент(ы):**

Андреанова А.А.

**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

## 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) главный научный сотрудник, д.н. (профессор) Коннов И.В. НИЦ Фундаментальная и прикладная информатика Институт вычислительной математики и информационных технологий, Igor.Konnov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Цель курса: ознакомить студентов с базовыми моделями оптимизационного типа, основными методами их исследования и поиска решений. В числе рассматриваемых классов находятся задачи линейного программирования, включая задачи транспортного типа, решаемые с помощью конечных методов. Для исследования задач нелинейной оптимизации привлекается аппарат выпуклого анализа и условия оптимальности. Излагаются также основные подходы к построению методов минимизации выпуклых функций, в том числе с нелинейными ограничениями. Параллельно изложению проводится решение тестовых задач.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.Б.21 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Данная дисциплина относится к общепрофессиональным дисциплинам.

Читается на 3 курсе в 6 семестре для студентов обучающихся по направлению 'Фундаментальная информатика и информационные технологии'.

Изучение основывается на результатах изучения дисциплин 'Алгебра и геометрия', 'Математический анализ', 'Дополнительные главы математического анализа', 'Дополнительные главы алгебры и геометрии'.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с фундаментальной информатикой и информационными технологиями
ПК-11 (профессиональные компетенции)	способностью составлять и контролировать план выполняемой работы, планировать необходимые для выполнения работы ресурсы, оценивать результаты собственной работы
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат, фундаментальные концепции и системные методологии, международные и профессиональные стандарты в области информационных технологий
ПК-4 (профессиональные компетенции)	способностью решать задачи профессиональной деятельности в составе научно-исследовательского и производственного коллектива

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью разрабатывать и реализовывать процессы жизненного цикла информационных систем, программного обеспечения, сервисов систем информационных технологий, а также методы и механизмы оценки и анализа функционирования средств и систем информационных технологий

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:
  - знать основные свойства методов решения задач нелинейной оптимизации.
2. должен уметь:
  - решать задачи линейного программирования произвольного вида с помощью симплекс-метода;
  - решать транспортные задачи с помощью метода потенциалов.
3. должен владеть:
  - навыками использования различных критериев проверки свойств выпуклости функций;
4. должен демонстрировать способность и готовность:
  - проверять выполнение условий оптимальности для нелинейной задачи оптимизации;
  - выбирать метод решения задач нелинейной оптимизации.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 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 Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Задачи оптимизации как модели принятия решений.	6		2	0	2	Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практи- ческие занятия	Лабора- торные работы	
2.	Тема 2. Линейное программирование.	6		6	0	8	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Транспортная задача.	6		4	0	6	Контрольная работа
4.	Тема 4. Элементы выпуклого анализа.	6		4	0	4	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Методы минимизации функций без ограничений.	6		4	0	4	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Элементы теории нелинейной оптимизации.	6		5	0	4	Письменное домашнее задание
7.	Тема 7. Методы минимизации функций на простых множествах.	6		4	0	4	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях.	6		7	0	4	Контрольная работа
.	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	0	36	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Задачи оптимизации как модели принятия решений.

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

Введение. Примеры задач оптимизации. Задачи оптимизации как модели принятия решений.

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

Формализация схемы принятия решений, эквивалентность критериев и преобразование целевых функций.

##### Тема 2. Линейное программирование.

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

Линейное программирование. Графическое представление задачи линейного программирования и ее свойства. Элементы теории двойственности. Симплекс-метод для задач линейного программирования. Методы поиска начального допустимого базиса. Метод симплексных таблиц.

###### **лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Графическое представление задачи линейного программирования, поиск решения пары двойственных задач линейного программирования. Симплекс-метод, способы реализации.

### **Тема 3. Транспортная задача.**

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

Транспортная задача. Транспортная задача в матричной постановке и ее свойства. Метод потенциалов.

#### ***лабораторная работа (6 часа(ов)):***

Способы поиска начального плана, метод потенциалов.

### **Тема 4. Элементы выпуклого анализа.**

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

Элементы выпуклого анализа. Выпуклые и замкнутые множества. Проекция и их свойства. Выпуклые функции. Дифференциальные условия выпуклости.

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

Выпуклые функции, дифференциальные критерии проверки.

### **Тема 5. Методы минимизации функций без ограничений.**

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

Методы минимизации функций без ограничений. Условие оптимальности в задаче минимизации выпуклой функции. Градиентный метод и его свойства. Метод Ньютона и его свойства. Методы минимизации функций без вычисления производных.

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

Реализации градиентного метода и метода Ньютона.

### **Тема 6. Элементы теории нелинейной оптимизации.**

#### ***лекционное занятие (5 часа(ов)):***

Элементы теории нелинейной оптимизации. Существование и единственность решений в задаче нелинейной оптимизации. Строгая и сильная выпуклость функций. Дифференциальные и общие критерии различных классов выпуклости. Условия оптимальности в задаче нелинейной оптимизации. Приложение условий оптимальности к теории двойственности.

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

Необходимые и достаточные условия оптимальности для разных типов ограничений.

### **Тема 7. Методы минимизации функций на простых множествах.**

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

Методы минимизации функций на простых множествах. Метод проекции градиента. Метод условного градиента. Способы реализации.

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

Примеры реализации методов условного градиента и проекции градиента.

### **Тема 8. Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях.**

#### ***лекционное занятие (7 часа(ов)):***

Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях. Методы двойственности. Метод симплексного поиска. Методы штрафных функций.

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

Примеры реализации методов двойственности и штрафных функций.

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

N	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Задачи оптимизации как модели принятия решений.	6		подготовка домашнего задания	4	Письменное домашнее задание
2.	Тема 2. Линейное программирование.	6		подготовка домашнего задания	8	Письменное домашнее задание
3.	Тема 3. Транспортная задача.	6		подготовка к контрольной работе	6	Контрольная работа
4.	Тема 4. Элементы выпуклого анализа.	6		подготовка домашнего задания	6	Письменное домашнее задание
5.	Тема 5. Методы минимизации функций без ограничений.	6		подготовка домашнего задания	7	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Элементы теории нелинейной оптимизации.	6		подготовка домашнего задания	8	Письменное домашнее задание
7.	Тема 7. Методы минимизации функций на простых множествах.	6		подготовка домашнего задания	6	Письменное домашнее задание
8.	Тема 8. Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях.	6		подготовка к контрольной работе	9	Контрольная работа
	Итого				54	

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

Обучение происходит в форме лекционных и лабораторных занятий, а также самостоятельной работы студентов.

Теоретический материал излагается на лекциях. Причем конспект лекций, который остается у студента в результате прослушивания лекции не может заменить учебник. Его цель - формулировка основных утверждений и определений. Прослушав лекцию, полезно ознакомиться с более подробным изложением материала в учебнике. Список литературы разделен на две категории: необходимый для сдачи экзамена минимум и дополнительная литература.

Изучение курса подразумевает не только овладение теоретическим материалом, но и получение практических навыков для закрепления навыков построения математических моделей оптимизационного типа и решения задач оптимизации.

Самостоятельная работа предполагает выполнение домашних работ. Практические задания, выполненные в аудитории, предназначены для указания общих методов решения задач определенного типа. Закрепить навыки можно лишь в результате самостоятельной работы.

Кроме того, самостоятельная работа включает подготовку к экзамену. При подготовке к сдаче экзамена весь объем работы рекомендуется распределять равномерно по дням, отведенным для подготовки к экзамену, контролировать каждый день выполнения работы. Лучше, если можно перевыполнить план. Тогда всегда будет резерв времени.

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

### **Тема 1. Задачи оптимизации как модели принятия решений.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Построение математических моделей (раскрой, задачи размещения, задачи о диете и пр.) как задач оптимизации.

### **Тема 2. Линейное программирование.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Решение задачи линейного программирования: геометрическая интерпретация, симплексный метод, транспортная задача.

### **Тема 3. Транспортная задача.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Контрольная работа по темам: Задачи линейного программирования и транспортная задача. Примеры вариантов: 1.Найти решение пары двойственных задач линейного программирования в двумерном пространстве прямых переменных графическим способом. 2.Найти решение транспортной задачи методом потенциалов.

### **Тема 4. Элементы выпуклого анализа.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Исследование функций и множеств на выпуклость.

### **Тема 5. Методы минимизации функций без ограничений.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Решение задач нелинейного программирования градиентным методом и методом Ньютона.

### **Тема 6. Элементы теории нелинейной оптимизации.**

Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Решение задач нелинейной оптимизации с помощью условий оптимальности и утверждений теории двойственности.

### **Тема 7. Методы минимизации функций на простых множествах.**



Письменное домашнее задание , примерные вопросы:

Решение задач по изучаемой теме. Решение задач нелинейной оптимизации методами проекции градиента и условного градиента, а также методом штрафных функций.

### **Тема 8. Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Контрольная работа по темам: Выпуклый анализ, методы нелинейной оптимизации. Примеры вариантов. 1. Решить задачу квадратичного программирования методом условного градиента. 2. Исследовать функцию на выпуклость.

### **Итоговая форма контроля**

экзамен (в 6 семестре)

Примерные вопросы к экзамену:

По дисциплине предполагается проведение экзамена.

Для текущей проверки знаний могут использовать тесты.

Примеры тестовых вопросов

На следующие вопросы должен быть дан утвердительный или отрицательный ответ вместе с обоснованием.

1. Решение задачи линейного программирования находится в угловой точке допустимого множества.
2. Оптимальные значения целевых функций пары двойственных задач линейного программирования совпадают.
3. Транспортная задача является задачей линейного программирования.
4. Метод потенциалов является вариантом симплекс-метода.
5. Локальный и глобальный минимумы выпуклой функции на выпуклом множестве совпадают.

Типовой пример домашнего задания

Изучить литературу по задачам линейного программирования.

Найти решение задач в двумерном пространстве графическим способом, указать параметры изменения целевой функции, не меняющие оптимального значения.

Вопросы к экзамену

1. Примеры задач оптимизации. Задачи оптимизации как модели принятия решений.
2. Графическое представление задачи линейного программирования и ее свойства.
3. Элементы теории двойственности.
4. Симплекс-метод для задач линейного программирования.
5. Методы поиска начального допустимого базиса.
6. Метод симплексных таблиц.
7. Транспортная задача в матричной постановке и ее свойства.
8. Метод потенциалов.
9. Выпуклые и замкнутые множества. Проекции и их свойства.
10. Выпуклые функции. Дифференциальные условия выпуклости. Условие оптимальности в задаче минимизации выпуклой функции.
11. Градиентный метод и его свойства.
12. Метод Ньютона и его свойства.
13. Методы минимизации функций без вычисления производных.
14. Существование и единственность решений в задаче нелинейной оптимизации.

Строгая и сильная выпуклость функций.

15. Дифференциальные и общие критерии различных классов выпуклости.
16. Условия оптимальности в задаче нелинейной оптимизации.
17. Приложение условий оптимальности к теории двойственности.
18. Метод проекции градиента.
19. Метод условного градиента.
20. Методы двойственности. Метод симплексного поиска.
21. Методы штрафных функций.

Дополнительные контрольные вопросы для экзамена

Темы:

1. Задачи оптимизации как модели принятия решений.
  - 1.1 Постановки задач оптимизации, укажите основные элементы.
  - 1.2 Формализация схемы принятия решений, укажите основные элементы.
  - 1.3 Эквивалентность критериев и преобразование целевых функций.
2. Линейное программирование.
  - 2.1 Постановка задачи линейного программирования, укажите основные элементы.
  - 2.2 Постановка задачи линейного программирования, укажите основные свойства функций.
  - 2.3 Графическое представление задачи линейного программирования, постройте на примере, где  $n=2$ .
  - 2.4 Графическое представление задачи линейного программирования, укажите основные свойства решения.
  - 2.5 Графическое представление задачи линейного программирования, укажите идею конечного метода решения.
  - 2.6 Графическое представление задачи линейного программирования, найдите решение для примера, где  $n=2$ , случай единственности.
  - 2.7 Графическое представление задачи линейного программирования, найдите решение для примера, где  $n=2$ , случай множества решений.
  - 2.8 Построить графическое представление двойственной задачи линейного программирования для примера, где  $m=2$ .
  - 2.9 Общая постановка пары двойственных задач линейного программирования.
  - 2.10 Эквивалентные преобразования задач линейного программирования
  - 2.11 Свойства двойственных задач линейного программирования, лемма двойственности.
  - 2.12 Свойства двойственных задач линейного программирования, обоснование следствий леммы двойственности.
  - 2.13 Теоремы двойственности для задач линейного программирования.
  - 2.14 Поиск решения пары двойственных задач линейного программирования на основе графического представления и теорем двойственности.
  - 2.15 Симплекс-метод, опишите базис и опорные точки.
  - 2.16 Симплекс-метод, опишите итерацию.
  - 2.17 Симплекс-метод, укажите основные свойства.
  - 2.18 Симплекс-метод, укажите способы реализации.
  - 2.19 Симплекс-метод, укажите способы поиска начального базиса.
3. Транспортная задача.
  - 3.1 Постановка транспортной задачи, укажите основные элементы.
  - 3.2 Постановка транспортной задачи при нарушении баланса, укажите способы приведения к обычному виду.

- 3.3 Постановка транспортной задачи, укажите основные свойства.
- 3.4 Метод потенциалов, укажите способы поиска начального плана.
- 3.5 Метод потенциалов, опишите итерацию.
- 3.6 Метод потенциалов, укажите основные свойства.
4. Элементы выпуклого анализа.
  - 4.1 Выпуклые и замкнутые множества, примеры.
  - 4.2 Замкнутые множества, примеры.
  - 4.3 Определение проекции, укажите свойства.
  - 4.4 Выпуклые функции, примеры.
  - 4.5 Выпуклые функции, укажите дифференциальные критерии проверки.
5. Методы минимизации функций без ограничений.
  - 5.1 Выпуклые функции, необходимое и достаточное условие минимума.
  - 5.2 Градиентный метод, опишите итерацию.
  - 5.3 Градиентный метод, сходимость и скорость сходимости.
  - 5.4 Градиентный метод, выбор длины шага.
  - 5.5 Метод Ньютона, опишите итерацию.
  - 5.6 Метод Ньютона, сходимость и скорость сходимости.
  - 5.7 Градиентный метод и метод Ньютона, сравнение.
  - 5.8 Методы координатного поиска, опишите итерацию.
  - 5.9 Метод симплексного поиска, опишите итерацию.
6. Элементы теории нелинейной оптимизации.
  - 6.1 Задача нелинейной оптимизации, укажите условия существования решений.
  - 6.2 Задача нелинейной оптимизации, укажите условия единственности решения.
  - 6.3 Строго выпуклые функции, примеры.
  - 6.4 Строго выпуклые функции, укажите дифференциальные критерии проверки.
  - 6.5 Сильно выпуклые функции, примеры.
  - 6.6 Сильно выпуклые функции, укажите дифференциальные критерии проверки.
  - 6.7 Выпуклые функции, укажите критерии проверки выпуклости композиции.
  - 6.8 Задача нелинейной оптимизации, укажите общие необходимые и достаточные условия оптимальности.
  - 6.9 Задача нелинейной оптимизации, укажите необходимые и достаточные условия оптимальности для разных типов ограничений.
  - 6.10 Задача нелинейной оптимизации, укажите необходимые и достаточные условия оптимальности в виде седловой точки.
  - 6.11 Задача выпуклой оптимизации, укажите способ определения двойственных задач.
  - 6.12 Задача выпуклой оптимизации, укажите связь двойственных задач и задачи о седловой точке.
7. Методы минимизации функций на простых множествах.
  - 7.1 Метод проекции градиента, опишите итерацию.
  - 7.2 Метод проекции градиента, сходимость и скорость сходимости.
  - 7.3 Метод проекции градиента, выбор длины шага.
  - 7.4 Метод проекции градиента, укажите примеры реализации.
  - 7.5 Метод условного градиента, опишите итерацию.
  - 7.4 Метод условного градиента, укажите примеры реализации.
8. Методы минимизации функций при нелинейных ограничениях.

- 8.1 Методы двойственности, опишите итерации.
- 8.2 Метод симплексного поиска, опишите итерацию.
- 8.3 Методы штрафных функций, опишите итерацию.
- 8.4 Методы штрафных функций, укажите свойства сходимости.

#### Примеры экзаменационных билетов

- 1.1 Симплекс-метод для задач линейного программирования.
- 1.2 Проверить выпуклость или вогнутость функции при  $n=3$  на основе дифференциальных критериев.
- 2.1 Выпуклые и замкнутые множества. Проекция и их свойства.
- 2.2 Решить задачу линейного программирования при  $n=2$  на основе графического представления.
- 3.1 Метод Ньютона и его свойства.
- 3.2 Решить транспортную задачу при  $m=3$ ,  $n=4$  методом потенциалов.

#### 7.1. Основная литература:

1. Балдин, К. В. Математическое программирование [Электронный ресурс] : Учебник / К. В. Балдин, Н. А. Брызгалов, А. В. Рукоусев; Под общ. Ред. Д.э.н., проф. К. В. Балдина. - 2-е изд. - М.: Издательско-торговая корпорация 'Дашков и К-', 2018. - 218 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=415097>
2. Методы оптимизации: Учебное пособие / А.В. Аттетков, В.С. Зарубин, А.Н. Канатников. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 270 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=350985>
3. Методы оптимальных решений: Учебник / Мастяева И.Н., Горемыкина Г.И., Семенихина О.Н. - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 384 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=521453>

#### 7.2. Дополнительная литература:

1. Шапкин А. С. Математические методы и модели исследования операций / Шапкин А.С., Шапкин В.А. - М.: Дашков и К, 2016. - 400 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=557767>
2. Золотарев, А.А. Методы оптимизации распределительных процессов [Электронный ресурс] / А.А. Золотарев. - М.: Инфра-Инженерия, 2014. - 160 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=520282>
3. Линейное программирование. Транспортная задача: Учебное пособие / Литвин Д.Б., Мелешко С.В., Мамаев И.И. - Ставрополь: Сервисшкола, 2017. - 84 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=976430>

#### 7.3. Интернет-ресурсы:

- Портал web-сервисов для математиков - <http://mathelp.spb.ru>  
Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.math.ru/>  
Портал математических интернет-ресурсов - <http://www.allmath.com/>  
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 "Методы оптимизации и исследование операций" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Лекции и лабораторные занятия по дисциплине проводятся в аудитории, оснащенной доской и мелом(маркером).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 02.03.02 "Фундаментальная информатика и информационные технологии" и профилю подготовки Системный анализ и информационные технологии .

Автор(ы):

Коннов И.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Андрианова А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.