

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

«Математическое моделирование и методы оптимизации»

Направление подготовки 27.03.05 ИННОВАТИКА

Профиль

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2019

Автор программы Амелин / Амелин С.В. /

Заведующий кафедрой
экономики и управления на
предприятии
машиностроения Свир / Свиридова С.В. /

Руководитель ОПОП Красникова / Красникова А.В. /

Воронеж 2019

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Целью изучения дисциплины «Математическое моделирование и методы оптимизации» является формирование представлений о роли математических методов в различных областях науки и экономики, изучение студентами теоретических основ и формализма математического моделирования и оптимизации, практических методов построения моделей процессов и явлений, а также решения оптимизационных задач.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Задача настоящего курса состоит в ознакомлении студентов с основными понятиями и аппаратом учебной дисциплины, изучение принципов построения математических моделей различных объектов и систем, применение математического моделирования и методов оптимизации в практической деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование и методы оптимизации» относится к дисциплинам базовой части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование и методы оптимизации» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 - способностью использовать инструментальные средства

ОПК-7 - способностью применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-2 ОПК-7	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">– роль математических методов в современном мире;– основные методы математического моделирования;– методы решения оптимизационных задач;– основы применения ЭВМ для моделирования и оптимизации различных процессов;– основные законы математической статистики и теории вероятности;– методы построения и анализа моделей; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">– строить математические модели процессов и явлений;– решать оптимизационные задачи;

	<ul style="list-style-type: none"> – применять пакеты прикладных программ для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач;
	<p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками применения современного математического аппарата для решения прикладных задач; – методами построения, анализа и применения математических моделей; – методами применения пакетов прикладных программ для решения задач моделирования и оптимизации.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование и методы оптимизации» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	90	90
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия (ПЗ)	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	54	54
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Введение в математическое моделирование.	Основные принципы математического моделирования. Математические модели в статистической механике, экономике, биологии. Методы построения математических моделей на основе фундаментальных законов	4	2	2	4	12

		природы. Методы исследования математических моделей. Устойчивость. Проверка адекватности математических моделей. Математические модели в научных исследованиях.					
2	Основы функционального анализа.	Определение функции. Числовые последовательности. Предел последовательности. Предел функции. Определение производной, её геометрический смысл. Монотонность функции. Экстремумы. Первообразная. Неопределенный интеграл, его свойства. Определенный интеграл, его свойства. Формула Ньютона-Лейбница. Функции двух переменных. Производная функции двух переменных. Двойные интегралы. Производная сложной функции. Приложения определенного интеграла. Математические средства представления данных. Функция как математическая модель. Уравнения и неравенства как математические модели.	4	2	2	4	12
3	Математическое моделирование случайных процессов.	Определение вероятности. Условная вероятность. Случайные величины. Нормальное распределение. Типы распределений. Временные ряды. Анализ временных рядов. Анализ случайной компоненты ряда. Практический анализ и построение прогноза. Многомерные данные. Метрика. Факторный анализ. Статистическое распознавание катастроф. Информационный анализ сложных систем. Информация в иерархических структурах. Принцип сохранения информации.	4	2	2	4	12
4	Сети и графы.	Задачи о сетях. Общие свойства графов. Задание графа матрицами. Пути и связность в графе. Деревья. Планарный граф. Стратегии поиска в пространстве состояний. Эвристический поиск.	4	2	2	4	12
5	Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.	Задачи интерполяции и экстраполяции. Методы аппроксимации функции. Элементы численных методов.	4	2	2	4	12
6	Численное дифференцирование и интегрирование.	Численное дифференцирование и интегрирование. Формула прямоугольников. Формула Симпсона. Формула Гаусса.	4	2	2	4	12
7	Решение систем уравнений.	Численные методы решения дифференциальных уравнений. Решение систем линейных уравнений. Метод Гаусса. Метод Крамера. Метод итераций.	2	4	2	4	12
8	Постановка задачи оптимизации.	Общая формулировка оптимизационной задачи. Глобальный и локальный экстремумы. Целевая функция. Примеры целевых функций. Оптимизируемые параметры. Ограничения. Классификация	2	4	2	4	12

		задач и методов оптимизации. Общая схема безусловной оптимизации.					
9	Методы одномерной оптимизации.	Предварительные сведения. Метод матанализа (классический). Метод перебора. Метод дихотомии (первый метод деления отрезка пополам). Метод «золотого» сечения. Метод Фибоначчи. Метод средней точки. Метод парабол.	2	4	2	4	12
10	Градиентные методы.	Алгоритм градиентного метода. Метод наискорейшего спуска. Графическая иллюстрация метода. Расчет шага и направления спуска. Алгоритм метода наискорейшего спуска и примеры использования. Приложение методов градиентного спуска к задачам выбора оптимальных параметров.	2	4	-	6	12
11	Линейное программирование.	Основные разделы математического программирования. Формулирование общей задачи математического программирования. Классические задачи математического программирования: транспортная задача, задача о режиме работы энергосистемы. Виды ограничений. Основные понятия. Теорема о представлении и о существовании оптимальной точки. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования. Условие оптимальности для задачи линейного программирования.	2	4	-	6	12
12	Симплекс-метод.	Приведение задачи линейного программирования к канонической форме. Симплекс-таблица и критерий оптимальности. Элементарное преобразование базиса. Прямой симплекс-метод. Геометрическая интерпретация симплекс-метода.	2	4	-	6	12
Итого			36	36	18	54	144

5.2 Перечень лабораторных работ

№ л.з.	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)
1.	3.	Математическое моделирование случайных процессов.	4
2.	4.	Сети и графы.	4
3.	5.	Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.	4
4.	6.	Численное дифференцирование и	2

		интегрирование.	
5.	7.	Решение систем уравнений.	2
6.	9.	Методы одномерной оптимизации.	2
7.	10.	Градиентные методы.	4
8.	11.	Линейное программирование.	6
9.	12.	Симплекс-метод.	8
10.	13.	Транспортная задача.	4
11.	14.	Оптимизация на графах.	4
12.	15.	Динамическое программирование.	2
13.	16.	Генетические алгоритмы оптимизации	8

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 5 семестре для очной формы обучения.

1. Одномерный поиск.
2. Решение оптимизационной задачи линейного программирования.
3. Применение симплекс-метода при решении экономических задач.
4. Применение алгоритмов оптимизации для решения производственной задачи.
5. Распределительная задача с однородными ресурсами.
6. Транспортная задача с ограничениями пропускной способности.
7. Решение транспортной задачи с дополнительными условиями.
8. Динамическая задача управления запасами.
9. Задача о назначениях.
10. Решение задач линейной оптимизации симплекс-методом.
11. Решение задачи коммивояжера.
12. Метод наискорейшего спуска для решения задач безусловной оптимизации.
13. Транспортная задача, алгоритм последовательного улучшения плана.
14. Построение и оптимизация сетевых графиков.
15. Определение максимального потока в транспортной сети при одном и нескольких источниках и стоках.

16. Построение кратчайших путей в транспортной сети.
17. Определение оптимального портфеля ценных бумаг.
18. Решение задачи о распределении ресурсов методом динамического программирования.
19. Двойственный симплекс-метод.
20. Оптимальные задачи календарного планирования.
21. Метод Фибоначчи.
22. Задача о ранце, метод динамического программирования.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-2 ОПК-7	знать: <ul style="list-style-type: none"> - роль математических методов в современном мире; - основные методы математического моделирования; - методы решения оптимизационных задач; - основы применения ЭВМ для моделирования и оптимизации различных процессов; - основные законы математической статистики и теории вероятности; - методы построения и анализа моделей; 	Сдача экзамена на оценку «отлично»	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь: <ul style="list-style-type: none"> - строить математические модели процессов и явлений; - решать оптимизационные задачи; - применять пакеты прикладных программ для 	Сдача экзамена на оценку «хорошо»	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач;			
	владеть: <ul style="list-style-type: none"> - навыками применения современного математического аппарата для решения прикладных задач; - методами построения, анализа и применения математических моделей; - методами применения пакетов прикладных для решения задач моделирования и оптимизации. 	Сдача экзамена на оценку «удовлетворительно»	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-2 ОПК-7	знать: <ul style="list-style-type: none"> - роль математических методов в современном мире; - основные методы математического моделирования; - методы решения оптимизационных задач; - основы применения ЭВМ для моделирования и оптимизации различных процессов; - основные законы математической статистики и теории вероятности; - методы построения и анализа моделей; 	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов

<p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - строить математические модели процессов и явлений; - решать оптимизационные задачи; - применять пакеты прикладных программ для решения прикладных инженерно-технических и технико-экономических задач; 	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
<p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками применения современного математического аппарата для решения прикладных задач; - методами построения, анализа и применения математических моделей; - методами применения пакетов прикладных программ для решения задач моделирования и оптимизации. 	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Оптимизация системы состоит

- а) в поиске такой системы, в которой максимум параметров управления;
- б) в поиске такого набора параметров управления, при котором целевая функция достигает экстремума;
- в) в поиске такого набора параметров управления, при котором целевая функция наиболее оптимальна;
- г) в поиске такого набора параметров управления, при котором целевая функция самая оптимальная.

2. Целевая функция – это

- а) любая функция, у которой есть экстремумы
- б) любая функция, у которой нет экстремумов;
- в) любая функция, у которой есть минимумы;

г) функция, экстремумы которой необходимо найти.

3. Какое число неопределенных множителей Лагранжа может быть в задаче условной оптимизации, если число переменных в составе оптимизируемой функции равно 8.

- а) не более 7;
- б) не более 8;
- в) не более 10;
- г) любое количество.

4. Если в критической точке функции одной переменной вторая производная отрицательна, то:

- а) эта точка является точкой максимума;
- б) эта точка является точкой минимума;
- в) в этой точке функция имеет разрыв;
- г) в этой точке функция не определена.

5. Для решения задачи условной оптимизации методом неопределенных множителей Лагранжа обязательно:

- а) знание аналитического выражения оптимизируемой функции;
- б) наличие ограничений только в виде равенств;
- в) линейность ограничений;
- г) нелинейность ограничений.

6. Если при реализации метода проекции градиента на k -ом шаге в точке x_k направление градиента функции отклика совпадает с направлением нормали к поверхности, ограничивающей область допустимых значений переменных, то:

- а) точка x_k является точкой оптимума;
- б) координаты точки x_k определены неверно;
- в) длина шага из точки x_k должна быть удвоена;
- г) длина шага из точки x_k должна быть уменьшена.

7. Найти четырнадцатое число F_{14} в последовательности чисел Фибоначчи.

- а) 610;
- б) 377;
- в) 233;
- г) 0.

8. Методы Чисел Фибоначчи и Золотого сечения являются

- а) методами отыскания экстремумов многоэкстремальных функций;
- б) методами отыскания только минимумов многоэкстремальных

функций;

- в) методами отыскания экстремумов унимодальных функций;
- г) методами отыскания только минимумов унимодальных функций.

9. Оптимизационную задачу относят к линейному программированию, если

- а) целевая функция и функции ограничений линейны;
- б) целевая функция вогнута, а функции ограничений образуют выпуклое множество;
- в) целевая функция линейна, а функции ограничений образуют выпуклое множество;

целевая функция вогнута, а функции ограничений линейны.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Случайные величины. **Нормальное распределение.**
2. **Типы распределений.**
3. Временные ряды.
4. *Анализ временных рядов.*
5. Построение прогноза.
6. Многомерные данные. Метрика.
7. Факторный анализ.
8. Информация в иерархических структурах.
9. Принцип сохранения информации.
10. Общие свойства графов.
11. Пути и связность в графе.
12. Деревья.
13. Планарный граф.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

14. Основные принципы математического моделирования.
15. Методы исследования математических моделей.
16. Проверка адекватности математических моделей.
17. Определение функции.
18. Числовые последовательности. Предел последовательности.
19. Определение производной, её геометрический смысл.
20. Экстремумы.
21. Первообразная.
22. Неопределенный интеграл, его свойства.
23. Определенный интеграл, его свойства.
24. Формула Ньютона-Лейбница.
25. Производная сложной функции.
26. Математические средства представления данных.
27. **Определение вероятности. Условная вероятность.**

28. Задачи интерполяции и экстраполяции.
29. Методы аппроксимации функции.
30. Формула прямоугольников.
31. Формула Симпсона.
32. Формула Гаусса.
33. Метод Гаусса.
34. Метод Крамера.
35. Метод итераций.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Общая формулировка оптимизационной задачи. Глобальный и локальный экстремумы.
2. Целевая функция. Примеры целевых функций. Оптимизируемые параметры.
3. Ограничения. Классификация задач и методов оптимизации.
4. Общая схема безусловной оптимизации.
5. Метод перебора.
6. Метод дихотомии (первый метод деления отрезка пополам).
7. Метод «золотого» сечения.
8. Метод Фибоначчи.
9. Метод средней точки.
10. Метод наискорейшего спуска. Графическая иллюстрация метода.
11. Формулирование общей задачи математического программирования. Виды ограничений.
12. Теорема о представлении и о существовании оптимальной точки.
13. Геометрическая интерпретация задачи линейного программирования.
14. Условие оптимальности для задачи линейного программирования.
15. Прямой симплекс-метод.
16. Геометрическая интерпретация симплекс-метода.
17. Транспортная задача.
18. Построение оптимального плана методом потенциалов.
19. Теорема о потенциалах.
20. Алгоритм метода потенциалов.
21. Порождающие деревья. Задача о минимальном порождающем дереве.
22. Алгоритм построения минимального остова.
23. Задача о кратчайшем маршруте между выбранными вершинами.
24. Задача о максимальном потоке.
25. Реализация сетей в трехмерном пространстве.
26. Основы метода динамического программирования.
27. Геометрическая интерпретация методов динамического программирования и алгоритмы расчета.
28. Использование методов целочисленного программирования в

задачах сетевого планирования.

29. Метод динамического программирования.

30. Применение метода динамического программирования в задачах оптимизации.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен и зачет проводятся путем организации специального опроса, проводимого в устной и (или) письменной форме.

Во время проведения экзамена (зачета) обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также вычислительной техникой

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение в математическое моделирование.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
2	Основы функционального анализа.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
3	Математическое моделирование случайных процессов.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
4	Сети и графы.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
5	Интерполяция и аппроксимация функциональных зависимостей.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
6	Численное дифференцирование и интегрирование.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ,

			защита реферата, требования к курсовому проекту....
7	Решение систем уравнений.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
8	Постановка задачи оптимизации.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
9	Методы одномерной оптимизации.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
10	Градиентные методы.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
11	Линейное программирование.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....
12	Симплекс-метод.	ОПК-2, ОПК-7	Тест, контрольная работа, защита лабораторных работ, защита реферата, требования к курсовому проекту....

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно

методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Головинский П.А., Суровцев И.С. Системный анализ: Учебное пособие, 2013.
2. Головинский П.А. Математические модели: Теоретическая физика и анализ сложных систем. Ч.1, Ч.2, 2012
3. Гасилов В.В., Околелова Э.Ю. Экономико-математические методы и модели: учеб. пособие: рек. ВГАСУ. - Воронеж: [б. и.], 2010. - 150 с.
4. Баркалов С.А., Моисеев С.И., Порядина В.Л. Математические методы и модели в управлении и их реализация в MS EXCEL: учебное пособие для студентов специальностей: 080200 "Менеджмент", 081100 "Государственное и муниципальное управление", 220100 "Системный анализ и управление". - Воронеж: [б. и.], 2015. - 263 с.
5. Алферов В.И., Баркалов С.А., Курочка П.Н., Мещерякова Т.В., Порядина В.Л. «Основы научных исследований по управлению строительным производством»: лабораторный практикум. – Воронеж, 2011. - 188 с.
6. Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н., «Введение в методы оптимизации»: Учебное пособие. - Москва: Финансы и статистика, 2014. - 272 с., <http://www.iprbookshop.ru/18794>
7. Розова В.Н., Максимова И.С., «Методы оптимизации»: Учебное пособие. - Москва: Российский университет дружбы народов, 2010. - 112 с., <http://www.iprbookshop.ru/11536>

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Использование презентаций при проведении лекционных занятий.
2. Консультирование посредством электронной почты.
3. http://matlab.exponenta.ru/optimiz/book_2/index.php - А.Г.Трифонов. "Постановка задачи оптимизации и численные методы ее решения";
4. <http://window.edu.ru/> - единое окно доступа к информационным ресурсам;
5. <http://ermak.cs.nstu.ru/mmsa/main/proba.htm> – электронный учебник по дисциплине «Математические модели системного анализа».

Для работы с электронными учебниками требуется наличие таких программных средств, как Adobe Reader и WinDjView.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для использования презентаций при проведении лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные презентационным оборудованием (компьютер с ОС Windows и программой PowerPoint или Adobe Reader, мультимедийный проектор и экран). Для практических занятий требуются пакеты Microsoft Office, Matlab.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. Чтение лекций по возможности осуществлять с использованием демонстрационных материалов и презентаций в программе «Microsoft Power Point», а также сопровождать ссылками на рекомендуемую литературу.

2. Подготовка тем для самостоятельной работы студентов, докладов и сообщений по тематике лекционного материала.

Экзамен проводить в устно-письменной форме, который включает ответы экзаменуемого на теоретические вопросы и решение им задач.