



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**РЕКОМЕНДОВАНО
К УТВЕРЖЕНИЮ**
Декан факультета КТВТиЭ


Юсуфов Ш.А.
«20» 09 2018 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе,
Председатель методического
совета ДГТУ


Суракатов Н.С.
«29» 09 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.5 Методы оптимизации
код и наименование дисциплины по ООП

для направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
код и направление направления подготовки

по профилю Вычислительные машины, комплексы, системы и сети
наименование профиля подготовки

факультет Компьютерных технологий, вычислительной техники и энергетики
наименование факультета, где ведется дисциплина (практика)

кафедра Управление и информатика в технических системах и вычислительной техники
наименование кафедры, за которой закреплена дисциплина (практика)

Квалификация выпускника (степень) Бакалавр
бакалавр, магистр (специалист)

Форма обучения очная курс 3 семестр (ы) 6
очная, заочная, др.

Всего трудоемкость в зачетных единицах (часах) 6 ЗЕТ (216)

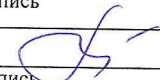
лекции	<u>34</u> час	экзамен	<u>6 (1 ЗЕТ – 36 ч.)</u> семестр
практические (семинарские) занятия	<u>17</u> час	зачет	<u>6</u> семестр
лабораторные занятия	<u>34</u> час	самостоятельная работа	<u>95</u> час
курсовой проект (работа, РГР)			<u>-</u> семестр

Зав. кафедрой


подпись

Саркаров Т.Э.

Начальник УО


подпись

Магомаева Э.В.



Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ООП ВО по направлению подготовки 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника».

Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры от «12» 09 2018 года, протокол № 1.

Зав. Кафедрой
УИТСиВТ


_____ подпись

Саркаров Т.Э.

ОДОБРЕНО

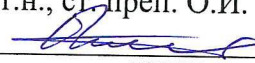
**Методической комиссией
по УГС(Н)
09.00.00 – Информатика и
вычислительная техника**

Председатель М.К.


_____ подпись Абдулгалимов А.М.

«12» 09 2018г.

АВТОР ПРОГРАММЫ
к.т.н., ст. преп. О.И. Гасанов


_____ подпись

1. Цели освоения дисциплины

Изучение классов задач оптимизации. Изучение методов решения оптимизационных задач в зависимости от класса задачи. Изучение типовых примеров и практического применения методов оптимизации в различных отраслях. Формирование практических навыков разработки алгоритмов и написания программ для решения оптимизационных задач.

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Настоящая дисциплина входит в вариативную часть дисциплин по выбору базовой части (Б1) образовательной программы подготовки студентов по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника». Изучение данной дисциплины базируется на следующих дисциплинах: Высшая математика, программирование, численные методы.

Программа дисциплины «Методы оптимизации» должна быть использована в дальнейшем при изучении следующих дисциплин: Интеллектуальные системы, Структура и алгоритмы обработки данных в ЭВМ, Методы и модели распознавания образов, а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Методы оптимизации»

Выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать следующими компетенциями:

- способностью работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные отличия (ОК-6);
- способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-5);
- способностью разрабатывать модели компонентов информационных систем, включая модели баз данных и модели интерфейсов «человек — информационно-вычислительная машина» (ПК-1).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: методы нахождения оптимальных значений одномерных и многомерных целевых функций; признаки и необходимые и достаточные условия наличия оптимальных точек для различных функций; методы решения транспортной задачи линейного программирования; методы решения задач в области динамического программирования; методы оптимизации графов.

Уметь: по исходным данным определить тип оптимизационной задачи; подобрать метод решения для задач данного типа; выполнить формализованное описание задачи с указанием целевой функции, набора независимых переменных, критерия оптимизации и накладываемых ограничений.

Владеть: практическими навыками по решению оптимизационных задач различными методами; практическими навыками по составлению алгоритмов решения задач; практическими навыками по применению численных методов для решения задач, не поддающихся аналитическому решению; практическими навыками написания программ для решения оптимизационных задач.

4. Содержание дисциплины «Методы оптимизации»

4.1 Содержание дисциплины

№	Раздел дисциплины Тема лекции и вопросы	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по срокам текущих аттестаций в семестре) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				ЛК	ПЗ	ЛБ	СР	
а	Б	в	г	д	е	ж	з	и
1	Лекция 1 ТЕМА: Введение в предметную область. Определения и постановка задачи оптимизации. Составные части задачи оптимизации, определение и свойства функции одной переменной, экстремумы, НиД условия существования экстремумов, топологические свойства функций одной переменной. Теоремы Вейерштрасса.	6	1	2	0	0	5	Входная контрольная работа
2	Лекция 2 ТЕМА: Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной. Случаи применения численных методов для поиска экстремумов, Методы деления пополам (дихотомии), Фибоначчи, Золотого сечения.		2	2	2	4	5	
3	Лекция 3 ТЕМА: Аналитические методы поиска экстремумов функции многих переменных. Вычисление производных функций многих переменных, экстремумы, НиД условия существования экстремумов, топологические свойства функций многих переменных.		3	2	0	0	6	
4	Лекция 4 ТЕМА: Численные методы поиска безусловных экстремумов функции многих переменных. Метод симплексного поиска, пример нахождения экстремума методом симплексного поиска для функции двух переменных.		4	2	2	4	5	
5	Лекция 5. ТЕМА: Градиентные методы поиска безусловных экстремумов. Метод наискорейшего спуска.		5	2	0	0	6	Аттестационная контрольная работа №1
6	Лекция 6. ТЕМА: Методы поиска экстремума функции многих переменных при наличии ограничений (метод Лагранжа). Формулировка задачи оптимизации с ограничениями на диапазон значений независимой переменной. Преобразование функции по методу		6	2	2	4	6	

	Лагранжа для перехода к задаче без ограничений.						
7	Лекция 7. ТЕМА: Формулировка задачи линейного программирования. Типовые задачи ЛП. Формы представления задачи линейного программирования (каноническая, с односторонними неравенствами).	7	2	0	0	4	
8	Лекция 8 ТЕМА: Геометрическая интерпретация задач ЛП. Графическое решение задач ЛП.	8	2	2	4	5	
9	Лекция 9 ТЕМА: Транспортная задача линейного программирования (ТЗЛП). Формулировка ТЗЛП, типовые примеры применения ТЗЛП. Решение ТЗЛП методом потенциалов. Этапы решения, пример.	9	2	0	0	5	
10	Лекция 10 ТЕМА: Транспортная задача линейного программирования (продолжение). Алгоритм решения транспортной задачи методом потенциалов.	10	2	2	4	5	Аттестационная контрольная работа №2
11	Лекция 11 ТЕМА: Динамическое программирование. Основные принципы динамического программирования, типы задач, решаемые методом ДП. Пример задачи нахождения оптимального пути между заданными узлами прямоугольной таблицы.	11	2	0	0	5	
12	Лекция 12 ТЕМА: Оптимизационные задачи на графах. Задача коммивояжера и ее решение методом ветвей и границ. Задача нахождения кратчайшего пути и ее решение методом Дейкстры.	12	2	2	4	7	
13	Лекция 13 ТЕМА: Оптимизационные задачи с известным и конечным множеством решений. Постановка задачи с известным и конечным множеством решений. Генетические алгоритмы решения оптимизационных задач. Основные понятия	13	2	0	0	6	
14	Лекция 14 ТЕМА: Оптимизационные задачи с известным и конечным множеством решений (продолжение). Этапы решения задачи с помощью генетических алгоритмов. Начальная популяция, развитие популяции, мутации. Схождение алгоритма.	14	2	2	4	6	
15	Лекция 15 ТЕМА: Алгоритмы фильтрации данных в задачах оптимизации. Робастные фильтры, фильтры Калмана. Применение фильтров Калмана для защиты от случайных помех и ложных выборок. Пример работы цифрового фильтра Калмана.	15	2	0	0	6	Аттестационная контрольная работа №3

16	Лекция 16 ТЕМА: Задачи нелинейного программирования. Постановка задачи нелинейного программирования. Зависимость между целевой функцией и независимыми переменными в нелинейных задачах.	16	2	2	4	7	
17	Лекция 17 ТЕМА: Подходы к решению задач нелинейного программирования. Решение задачи нелинейного программирования методом штрафных функций.	17	2	1	2	6	
Итого:			34	17	34	95	Зачет Экзамен (1 ЗЕТ – 36 ч.)

4.2 Содержание практических занятий

№ п/п	№ по содержанию дисциплины	Наименование практического занятия	Количество часов	Рекомендуемая литература и методические разработки (№ источника из списка литературы)
1	2	Вычисление точек экстремума функции одной переменной. Аналитический метод вычисления экстремумов. Исследование функций одной переменной на интервалы монотонности. Решение задач.	2	1, 3
2	3	Вычисление точек экстремума функции двух переменных. Аналитический метод вычисления экстремумов. Решение задач.	2	1, 2, 3
3	6	Решение задач на минимизацию целевой функции при наличии ограничений методом Лагранжа.	2	2, 4, 7
4	8	Решение задачи линейного программирования графическим методом.	2	3, 5
5	9-10	Решение транспортной задачи линейного программирования методом потенциалов. Нахождение оптимального плана перевозок для ТЗЛП	2	2, 6
6	9-10	Решение транспортной задачи линейного программирования методом потенциалов. Нахождение оптимального плана перевозок для ТЗЛП (продолжение).	2	1, 4
7	12	Решение оптимизационных задач на графах. Решение задачи коммивояжера методом ветвей и	2	2, 3

		границ.		
8	13-14	Демонстрация работы генетических алгоритмов решения задач оптимизации.	2	1, 4, 6
9		Итоговый опрос	1	
Итого:			17	

4.3 Содержание лабораторных занятий

№ п/п	№ по содержанию дисциплины	Наименование лабораторного занятия	Количество часов	Рекомендуемая литература и методические разработки (№ источника из списка литературы)
1	1	Численные методы дифференцирования целевой функции.	4	1 — 4
2	1-2	Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной. Метод Фибоначчи и Золотого сечения	4	1 — 3, 5
3	3-5	Численные методы поиска безусловных экстремумов функции многих переменных. Метод симплексного поиска	4	1, 4, 7
4	12	Поиск длины кратчайшего пути на графе по алгоритму Дейкстры	4	5, 6
5	12	Деревья на графах, алгоритм нахождения покрывающего дерева связного графа с минимальным суммарным весом	4	1, 2, 6
6	11	Алгоритм нахождения оптимального пути между вершинами графа (узлами таблицы) методом динамического программирования Беллмана	4	2, 3
7	12	Метод ветвей и границ. Решение задачи коммивояжера	4	4, 7
8	12	Метод ветвей и границ. Решение задачи коммивояжера (продолжение)	4	2, 5
9		Защита лабораторных работ	2	
Итого:			34	

4.4.1 Тематика для самостоятельной работы студента

N п/п	Тематика по содержанию дисциплины, выделенная для самостоятельного изучения	Количество часов из содержания дисциплины	Рекомендуемая литература и источники информации	Формы контроля СРС
1	Исследование функции одной переменной на интервалы убывания и	5	1, 2	Контрольная работа, опрос

	возрастания. Топология функций, аналитические методы вычисления экстремумов.			
2	Сравнение быстродействия численных методов определения экстремумов. Области применения методов деления пополам (дихотомии), Фибоначчи, Золотого сечения.	5	1, 2, 3	Контрольная работа, опрос
3	Вычисление частных производных функций многих переменных, экстремумы, НиД условия существования экстремумов.	6	1, 2, 3	Контрольная работа, опрос
4	Численные методы поиска безусловных экстремумов функции многих переменных. Метод симплексного поиска.	5	4, 5, 7	Контрольная работа, опрос
5	Релаксационные методы поиска экстремума функций многих переменных. Метод спуска.	6	3, 6	Контрольная работа, опрос
6	Методы поиска экстремума функции многих переменных при наличии ограничений (метод Лагранжа). Построение функций Лагранжа для различных задач оптимизации.	6	2, 4	Контрольная работа, опрос
7	Задачи линейного программирования. Каноническая форма представления задачи линейного программирования.	4	2, 5	Контрольная работа, опрос
8	Графический метод решения задач линейного программирования. Области применения и ограничения.	5	1, 2, 4	Контрольная работа, опрос
9	Решение транспортной задачи линейного программирования (ТЗЛП) методом потенциалов. Решение ТЗЛП в программе MS Excel.	5	1, 3	Контрольная работа, опрос
10	Решение транспортных задач линейного програм-	5	3, 5, 6	Контрольная работа, опрос

	мирования.			
11	Динамическое программирование Беллмана. Области применения, классы задач, решаемые при помощи динамического программирования.	5	4, 7	Контрольная работа, опрос
12	Виды графов и их характеристики, оптимизационные задачи на графах. Задача о полном покрывающем дереве.	7	5, 6, 7	Контрольная работа, опрос
13	Применение генетических алгоритмов для решения оптимизационных задач.	6	1, 6, 7	Контрольная работа, опрос
14	Влияние мутации на работу генетического алгоритма. Выход решения из точки локального минимума.	6	1, 6, 7	Контрольная работа, опрос
15	Фильтрация Калмана в задачах селекции цели и радиолокации.	6	3, 5	Контрольная работа, опрос
16	Виды задач нелинейного программирования. Подходы к решению нелинейных оптимизационных задач.	7	4, 5	Контрольная работа, опрос
17	Подходы к решению задач нелинейного программирования. Решение задачи нелинейного программирования методом штрафных функций.	6	2, 4, 5	Контрольная работа, опрос
Итого:		95		

5. Образовательные технологии

В ходе проведения занятий используются такие методы обучения как презентация, применяется компьютерная техника.

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

6.1 Перечень вопросов по проверке входных знаний студентов

1. Что такое производная функции и в чем ее геометрический смысл? Что такое касательная к точке?
2. Что такое точка экстремума функции и какие признаки экстремумов вы знаете?

3. Как определить значение функции в произвольной точке, если функция задана конечным набором точек (координат)?
4. В чем заключается парадигма структурного и объектно-ориентированного программирования?
5. Какие виды операторов цикла вы знаете и как их использовать?
6. Что такое численный метод решения задачи? В каких случаях используются численные методы?
7. Как можно численно вычислить значение интеграла для фигуры, заданной при помощи координат вершин?

6.2 Задания для текущих аттестаций

6.2.1 Задания для аттестации 1

1. Постановка задачи оптимизации. Понятия целевой функции, независимой переменной, ограничений и критерия оптимальности
2. Экстремум функции. Локальный и глобальный экстремумы. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции. Теоремы Вейерштрасса.
3. Топологические свойства функций. Монотонность, унимодальность. Особенности монотонных и унимодальных функций с т. зр. нахождения экстремума.
4. Аналитические методы поиска экстремума функции одной переменной.
5. Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной. Отличия от аналитических методов, области применения. Метод перебора.
6. Нахождение экстремума функции методом деления отрезка пополам. Алгоритм метода, его преимущества и недостатки.
7. Нахождение экстремума функции методом золотого сечения. Алгоритм метода, его преимущества и недостатки
8. Нахождение экстремума функции методом Фибоначчи. Алгоритм метода, его преимущества и недостатки.
9. Аналитические методы поиска экстремумов функции многих переменных. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции.

6.2.2 Задания для аттестации 2

1. Численные методы поиска безусловных экстремумов функции многих переменных. Метод симплексного поиска
2. Градиентные методы поиска безусловных экстремумов
3. Методы поиска экстремума функции многих переменных при наличии ограничений (метод Лагранжа)
4. Формулировка задачи линейного программирования (ЗЛП). Типовые задачи ЛП.
5. Формы представления ЗЛП (каноническая, с однотипными неравенствами)
6. Геометрическая интерпретация задач ЛП, суть алгоритма графического

решения задач ЛП, основные шаги алгоритма

7. Транспортная задача ЛП. Решение ТЗЛП методом потенциалов. Суть алгоритма и основные шаги
8. Получение опорного плана ТЗЛП методом Северо-западного угла и методом минимальной стоимости
9. Описать алгоритм нахождения минимальной длины пути между заданными вершинами графа методом Дейкстры

6.2.3 Задания для аттестации 3

1. Динамическое программирование. Основные положения метода и его особенности. Области применения и типы решаемых с его помощью задач
2. Динамическое программирование. Нахождение оптимального пути между заданными узлами графа (таблицы).
3. Метод ветвей и границ. Принцип метода и пример решения задачи коммивояжера.
4. Генетические алгоритмы. Общие принципы и области применения
5. Генетические алгоритмы. Последовательность алгоритма
6. Генетические алгоритмы. Понятия популяции, особи, поколения
7. Генетические алгоритмы. Понятия отбора, скрещивания и мутации
8. Особенности задач нелинейного программирования
9. Метод штрафных функций при решении задач нелинейного программирования

6.3 Перечень вопросов по проверке остаточных знаний

1. Постановка задачи оптимизации. Понятия целевой функции, независимой переменной, ограничений и критерия оптимальности
2. Экстремум функции. Локальный и глобальный экстремумы. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции. Теоремы Вейерштрасса.
3. Аналитические методы поиска экстремума функции одной переменной.
4. Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной.
5. Функции многих переменных. Методы исследования на экстремумы.
6. Методы поиска экстремума функции многих переменных при наличии ограничений (метод Лагранжа)
7. Задачи линейного программирования. Постановка задачи, типовые задачи, методы решения.
8. Транспортная задача линейного программирования. Постановка задачи, области применения, общий план решения.
9. Решение оптимизационных задач на графах. Нахождение кратчайшего пути, задача коммивояжера
10. Генетические алгоритмы в задачах оптимизации. Основные понятия и последовательность работы алгоритма.

6.4 Задания для промежуточной аттестации (зачета)

1. Постановка задачи оптимизации. Понятия целевой функции, независимой переменной, ограничений и критерия оптимальности
2. Экстремум функции. Локальный и глобальный экстремумы. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции. Теоремы Вейерштрасса.
3. Аналитические методы поиска экстремума функции одной переменной.
4. Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной. Отличия от аналитических методов, области применения. Метод перебора.
5. Нахождение экстремума функции методом Фибоначчи. Алгоритм метода, его преимущества и недостатки.
6. Аналитические методы поиска экстремумов функции многих переменных. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции.
7. Численные методы поиска безусловных экстремумов функции многих переменных. Метод симплексного поиска
8. Методы поиска экстремума функции многих переменных при наличии ограничений (метод Лагранжа)
9. Формулировка задачи линейного программирования (ЗЛП). Типовые задачи ЛП.
10. Геометрическая интерпретация задач ЛП, суть алгоритма графического решения задач ЛП, основные шаги алгоритма
11. Транспортная задача ЛП. Решение ТЗЛП методом потенциалов. Суть алгоритма и основные шаги
12. Описать алгоритм нахождения минимальной длины пути между заданными вершинами графа методом Дейкстры
13. Динамическое программирование. Нахождение оптимального пути между заданными узлами графа (таблицы).
14. Метод ветвей и границ. Принцип метода и пример решения задачи коммивояжёра.
15. Генетические алгоритмы. Общие принципы и области применения
16. Генетические алгоритмы. Последовательность алгоритма
17. Особенности задач нелинейного программирования

6.5 Задания для промежуточной аттестации (экзамена)

1. Постановка задачи оптимизации. Понятия целевой функции, независимой переменной, ограничений и критерия оптимальности
2. Экстремум функции. Локальный и глобальный экстремумы. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции. Теоремы Вейерштрасса.
3. Топологические свойства функций. Монотонность, унимодальность.

- Особенности монотонных и унимодальных функций с т. зр. нахождения экстремума.
4. Аналитические методы поиска экстремума функции одной переменной.
 5. Численные методы поиска экстремумов функции одной переменной. Отличия от аналитических методов, области применения. Метод перебора.
 6. Нахождение экстремума функции методом деления отрезка пополам. Алгоритм метода, его преимущества и недостатки.
 7. Нахождение экстремума функции методом золотого сечения. Алгоритм метода, его преимущества и недостатки
 8. Нахождение экстремума функции методом Фибоначчи. Алгоритм метода, его преимущества и недостатки.
 9. Аналитические методы поиска экстремумов функции многих переменных. Необходимые и достаточные условия существования экстремума функции.
 10. Численные методы поиска безусловных экстремумов функции многих переменных. Метод симплексного поиска
 11. Градиентные методы поиска безусловных экстремумов
 12. Методы поиска экстремума функции многих переменных при наличии ограничений (метод Лагранжа)
 13. Формулировка задачи линейного программирования (ЗЛП). Типовые задачи ЛП.
 14. Формы представления ЗЛП (каноническая, с однотипными неравенствами)
 15. Геометрическая интерпретация задач ЛП, суть алгоритма графического решения задач ЛП, основные шаги алгоритма
 16. Транспортная задача ЛП. Решение ТЗЛП методом потенциалов. Суть алгоритма и основные шаги
 17. Получение опорного плана ТЗЛП методом Северо-западного угла и методом минимальной стоимости
 18. Описать алгоритм нахождения минимальной длины пути между заданными вершинами графа методом Дейкстры
 19. Динамическое программирование. Основные положения метода и его особенности. Области применения и типы решаемых с его помощью задач
 20. Динамическое программирование. Нахождение оптимального пути между заданными узлами графа (таблицы).
 21. Метод ветвей и границ. Принцип метода и пример решения задачи коммивояжёра.
 22. Генетические алгоритмы. Общие принципы и области применения
 23. Генетические алгоритмы. Последовательность алгоритма
 24. Генетические алгоритмы. Понятия популяции, особи, поколения
 25. Генетические алгоритмы. Понятия отбора, скрещивания и мутации
 26. Особенности задач нелинейного программирования

27.Метод штрафных функций при решении задач нелинейного программирования

7.Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Рекомендуемая литература и источники информации (основная и дополнительная)

Зав. библиотекой




№ п/п	Необходимая учебная, учебно-методическая (основная и дополнительная) литература, программное обеспечение и Интернет ресурсы	Автор(ы)	Издательство и год издания	Количество изданий	
				В библиотеке	На кафедре
ОСНОВНАЯ					
1	Методы оптимизации. Учебное пособие	Пантелеев А.В., Летова Т.А.	Москва: «Логос», 2011.	IPR BOOKS http://http://www.iprbookshop.ru/9093.html	
2	Методы оптимизации. Учебное пособие	Розова В.Н., Максимов И.С.	Москва: Издательство Российского университета дружбы народов, 2010.	IPR BOOKS http://http://www.iprbookshop.ru/11536.html	
3	Теория и методы оптимизации. Учебное пособие	Кочегуров Е.А.	Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2013.	IPR BOOKS http://http://www.iprbookshop.ru/34723.html	
ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ					
4	Методы оптимизации. Сборник задач и упражнений	Ренин С.В., Ганелина Н.Д.	Новосибирск: Издательство Новосибирского государственного технического университета, 2011	IPR BOOKS http://http://www.iprbookshop.ru/45389.html	
5	Модели	и Казанская	Новосибирск:	IPR BOOKS	

	методы оптимизации. Практикум. Учебное пособие	О.В., Юн С.Г., Альсова О.К.	Издательство Новосибирского государственного технического университета, 2012	http://http://www.iprbookshop.ru/45397.html	
6	Методы оптимизации. Учебное пособие	Мицель А.А., Шелестов А.А., Романенко В.В.	Томск: Издательство Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2017	IPR BOOKS http://www.iprbookshop.ru/72127.html	
7	Методы оптимизации. Учебное пособие	Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н.	Саратов: Вузовское образование, 2018	IPR BOOKS http://www.iprbookshop.ru/77664.html	

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Семинарские занятия по дисциплине проводятся в аудитории с презентационной и компьютерной техникой и учебной мебелью.

Лабораторные занятия проводятся в компьютерном зале. Дополнительного контрольно-измерительного оборудования не требуется.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций ООП ВО⁶ по направлению и профилю подготовки 09.03.01 Вычислительные машины, комплексы, системы и сети. Рецензент от выпускающей кафедры по направлению _____  Меркухин Е.Н.