

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

Дополнительные главы оптимизации Б1.В.ДВ.17

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика

Профиль подготовки: Математическое моделирование

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

Автор(ы): Кораблев А.И.

Рецензент(ы): Шустова Е.П.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий(ая) кафедрой: Миссаров М. Д.

Протокол заседания кафедры No ___ от "___" _____ 20__ г.

Учебно-методическая комиссия Института вычислительной математики и информационных технологий:

Протокол заседания УМК No ___ от "___" _____ 20__ г.

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
 - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
 - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
 - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
 - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
 - 7.1. Основная литература
 - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Кораблев А.И. (кафедра анализа данных и исследования операций, отделение фундаментальной информатики и информационных технологий), Anatol.Korablev@kpfu.ru

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	Готовность к самостоятельной работе
ОПК-2	Способность использовать современные математические методы и современные прикладные программные средства и осваивать современные технологии программирования
ПК-10	Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способностью применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов
ПК-12	Способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальной математики
ПК-4	Способность и готовность решать проблемы, брать на себя ответственность
ПК-9	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен демонстрировать способность и готовность:

- формулировать прикладные задачи в виде оптимизационных математических моделей;
- теоретически обосновывать применение математических методов решения оптимизационных задач;
- ориентироваться в программном обеспечении, используемом для анализа и решения задач оптимизации, иметь навыки использования пакетов аналитических вычислений;
- осуществлять концептуальный анализ получаемых результатов, делать практические выводы.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.17 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.04 "Прикладная математика (Математическое моделирование)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

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

Контактная работа - 72 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 72 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 18 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 54 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 6 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Приемы решения неканонических задач линейного программирования. Решение примеров.	6	0	0	6	2
2.	Тема 2. Метод обратной матрицы. Решение примеров.	6	0	0	6	2
3.	Тема 3. Двойственный симплексный метод. Решение примеров. Схемы отсечений. Использование двойственного симплексного метода.	6	0	0	4	2
4.	Тема 4. Замкнутая транспортная задача. Ее свойства. Потенциалы. Двойственная к транспортной задаче. Правило северо-западного угла. Вычисление потенциалов. Признак оптимальности.	6	0	0	6	2
5.	Тема 5. Метод потенциалов. Эпсилон-прием. Правило минимальной цены и его модификации. Решение примеров. Незамкнутые транспортные задачи. Фиктивные перевозки. Решение примеров.	6	0	0	8	2
6.	Тема 6. Метод сопряженных направлений. Метод сопряженных градиентов. Обзор прочих методов.	6	0	0	4	1
7.	Тема 7. Метод проекции градиента. Метод условного градиента. Метод линеаризации. Решение примеров.	6	0	0	8	1
8.	Тема 8. Методы последовательной безусловной оптимизации. Метод штрафных функций. Метод барьеров. Метод центров. Метод модифицированной функции Лагранжа.	6	0	0	6	1
9.	Тема 9. Недифференцируемая оптимизация. Субградиенты и субдифференциалы. Обобщенный градиентный (субградиентный) метод.	6	0	0	5	1
10.	Тема 10. Эпсилон-субдифференциалы. Обобщенная выпуклость. Квазивыпуклые и псевдовыпуклые функции.	6	0	0	5	1
11.	Тема 11. Методы одномерного поиска. Простой перебор. Последовательный перебор. Метод дихотомии.	6	0	0	4	1
12.	Тема 12. Метод золотого сечения. Метод парабол. Обзор прочих методов.	6	0	0	4	1
13.	Тема 13. Подготовка к экзамену.	6	0	0	6	1

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Итого		0	0	72	18

4.2 Содержание дисциплины

Тема 1. Приемы решения неканонических задач линейного программирования. Решение примеров.

Приемы решения неканонических задач линейного программирования. Решение симметричных задач линейного программирования. Использование неполного искусственного базиса. Решение задач с неравенствами больше либо равно. Решение задач с неограниченными по знаку переменными. Решение задач в общей форме записи.

Тема 2. Метод обратной матрицы. Решение примеров.

Метод обратной матрицы (МОМ). Модифицированный проямой симплексный метод. Использование матрицы обратной к базисной матрице для решения двух систем линейных алгебраических уравнений в процессе осуществления итерации метода последовательного улучшения плана. Решение примеров. Использование двухфазного метода искусственного базиса в МОМ.

Тема 3. Двойственный симплексный метод. Решение примеров. Схемы отсечений. Использование двойственного симплексного метода.

Двойственный симплексный метод как численно реализуемый алгоритм метода последовательного уточнения оценок, основанного на последовательном переборе двойственно допустимых базисов и соответствующих им псевдопланов прямой задачи линейного программирования. Решение примеров. Использование ДСМ в схемах отсечений.

Тема 4. Замкнутая транспортная задача. Ее свойства. Потенциалы. Двойственная к транспортной задаче. Правило северо-западного угла. Вычисление потенциалов. Признак оптимальности.

Постановка матричной замкнутой транспортной задачи (ТЗ). Разрешимость замкнутой ТЗ. формирование двойственной задачи к транспортной задаче. Особенности системы условий этих задач. Ранг матрицы системы ограничений транспортной задачи. Нахождение исходного опорного плана перевозок. Потенциалы и их вычисление.

Тема 5. Метод потенциалов. Эпсилон-прием. Правило минимальной цены и его модификации. Решение примеров. Незамкнутые транспортные задачи. Фиктивные перевозки. Решение примеров.

Метод потенциалов как специальный алгоритм. Эпсилон-прием. Различные модификации приемов нахождения исходного опорного плана перевозок (правило северо-западного угла, правило минимальной цены). Решение незамкнутых транспортных задач при помощи введения фиктивных пунктов и фиктивных перевозок. Решение примеров.

Тема 6. Метод сопряженных направлений. Метод сопряженных градиентов. Обзор прочих методов.

Сопряженные относительно положительно определенной матрицы направления. Использование базисов сформированных из системы сопряженных направлений для отыскания безусловного минимума квадратичной функции. Различные приемы вычисления систем сопряженных направлений. Обобщения метода сопряженных направлений. Метод сопряженных градиентов.

Тема 7. Метод проекции градиента. Метод условного градиента. Метод линеаризации. Решение примеров.

Метод проекции градиента. Различные способы регулировки шагового множителя в методе проекции градиента. Метод Голдстайна. Теоремы сходимости. Области применения метода проекции градиента. Метод условного градиента. Области применения метода условного градиента. Обзор прочих методов градиентного типа для решения задач на условный минимум.

Тема 8. Методы последовательной безусловной оптимизации. Метод штрафных функций. Метод барьеров. Метод центров. Метод модифицированной функции Лагранжа.

Штрафная функция. Примеры штрафных функций для различных множеств. Штрафной множитель. Общая схема метода штрафных функций как метода внешних точек. Барьерная функция и ее использование в методе барьеров внутренней точки. Функция d-расстояния. Центр множества. Метод центров. Модифицированная функция Лагранжа.

Тема 9. Недифференцируемая оптимизация. Субградиенты и субдифференциалы. Обобщенный градиентный (субградиентный) метод.

Дифференцируемость выпуклых функций по направлениям. Субградиент и субдифференциал выпуклых функций. Теоремы о вычистении субдифференциалов. Условия экстремума выпуклых не всюду дифференцируемых функций. Методы обобщенного градиентного (субградиентного) спуска безусловной минимизации. ОГС для условной минимизации.

Тема 10. Эпсилон-субдифференциалы. Обобщенная выпуклость. Квазивыпуклые и псевдовыпуклые функции.

Обобщения понятия выпуклости функций. Квазивыпуклые и псевдовыпуклые функции.

Конусы обобщенно опорных векторов. Эпсилон-субградиент и эпсилон-субдифференциалы. Эпсилон-субградиентные методы. Эпсилон-субградиентные методы для безусловной и для условной минимизации. Методы отыскания минимакса псевдовыпуклых функций.

Тема 11. Методы одномерного поиска. Простой перебор. Последовательный перебор. Метод дихотомии.

Унимодальные функции одной действительной переменной. Простой и последовательный перебор. Отрезок локализации. Метод дихотомии. Нахождение начального отрезка локализации. Различные правила разбиения отрезка локализации. Построение последовательности вложенных стягивающихся отрезков локализации. Метод Фибоначи.

Тема 12. Метод золотого сечения. Метод парабол. Обзор прочих методов.

Нахождение начального отрезка локализации. Метод деления отрезка пополам. Метод золотого сечения. Вычисление точек золотого сечения. Метод парабол. Метод касательных. Метод Ньютона. Метод ломанных. Метод касательных. Методы отыскания локальных экстремумов не унимодальных функций удовлетворяющих условию Липшица.

Тема 13. Подготовка к экзамену.

Повторение пройденного материала. Решения неканонических задач линейного программирования. Метод обратной матрицы. Двойственный симплексный метод. Метод потенциалов для решения транспортной задачи. Метод сопряженных направлений. Метод сопряженных градиентов. Методы последовательной безусловной минимизации.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
Семестр 6			

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
	Текущий контроль		
1	Устный опрос	ПК-12	1. Приемы решения неканонических задач линейного программирования. Решение примеров. 6. Метод сопряженных направлений. Метод сопряженных градиентов. Обзор прочих методов. 11. Методы одномерного поиска. Простой перебор. Последовательный перебор. Метод дихотомии.
2	Контрольная работа	ПК-10, ПК-4	5. Метод потенциалов. Эпсилон-прием. Правило минимальной цены и его модификации. Решение примеров. Незамкнутые транспортные задачи. Фиктивные перевозки. Решение примеров. 7. Метод проекции градиента. Метод условного градиента. Метод линеаризации. Решение примеров.
3	Письменная работа	ПК-10, ПК-9	3. Двойственный симплексный метод. Решение примеров. Схемы отсечений. Использование двойственного симплексного метода. 8. Методы последовательной безусловной оптимизации. Метод штрафных функций. Метод барьеров. Метод центров. Метод модифицированной функции Лагранжа.
	Экзамен	ОПК-1, ОПК-2, ПК-10, ПК-12, ПК-4, ПК-9	

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

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Семестр 6					
Текущий контроль					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Письменная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
Экзамен	Обучающийся обнаружил всестороннее, глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	

6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Семестр 6

Текущий контроль

1. Устный опрос

Темы 1, 6, 11

В начале каждого практического занятия студентам предлагается устно ответить на задаваемые преподавателем вопросы по теме предыдущего занятия, проиллюстрировав, при необходимости, ответ с помощью графических построений на доске.

2. Контрольная работа

Темы 5, 7

Контрольная работа включает два задания, связанных с применением численных методов или вспомогательных построений для решения задач по указанным темам.

3. Письменная работа

Темы 3, 8

Письменная работа выполняется на практических занятиях. Работа состоит в применении того или иного численного метода решения поставленной оптимизационной задачи и/или в построении графических иллюстраций теоретических понятий и численных итерационных процессов в рамках изучаемой тематики.

Экзамен

Вопросы к экзамену:

Билет 1

1. Приведение симметричных задач линейного программирования к каноническому виду.
2. Теорема сходимости метода проекции градиента

Билет 2

1. Метод потенциалов.
2. Метод штрафных функций

Билет 3

1. Двойственный симплексный метод.
2. Субградиент и субдифференциал выпуклой функции.

Билет 4

1. Метод барьеров.
2. Метод золотого сечения.

Билет 5

1. Субградиентные методы.
2. Решение незамкнутых транспортных задач.

6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Семестр 6			
Текущий контроль			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	10
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	25
Письменная работа	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	15
Экзамен	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература:

1. Кашина О.А. Методы оптимизации. Часть I. Элементы теории экстремальных задач [Текст] / О.А. Кашина, А.И. Кораблев: - Казань: Изд-во КГУ, 2008. - 83 с.
2. Баранов, В.И. Экстремальные комбинаторные задачи и их приложения [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Баранов, Б.С. Стечкин. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2006. - 240 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2721>
3. Лесин, В.В. Основы методов оптимизации [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. - Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 344 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/86017>
4. Сухарев, А.Г. Курс методов оптимизации [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.Г. Сухарев, А.В. Тимохов, В.В. Федоров. - Электрон. дан. - Москва : Физматлит, 2011. - 384 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2330>

7.2. Дополнительная литература:

1. Практикум по методам оптимизации / О.А. Сдвижков. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 200 с. ISBN 978-5-9558-0372-2 Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=459517>
2. Пантелеев, А. В. Методы оптимизации. Практический курс: учебное пособие с мультимедиа сопровождением [Электронный ресурс] / А. В. Пантелеев, Т. А. Летова. - М.: Логос, 2011. - 424 с: Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=469213>

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- Задачи по исследованию операций - <http://allmath.ru/appliedmath/operations/problems-tgru/zadachi.htm>
Сайт рабочей группы Модели равновесия в сложных системах - http://emics.kpfu.ru/Link_r.phtml
Электронный образовательный ресурс по дисциплине - <http://kek.kpfu.ru/EOS/MO/ASP/links.asp>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	В ходе лабораторных занятий студенты, письменно выполняя предложенные преподавателем задания, приобретают навыки численного решения задач оптимизации из изученных классов с помощью рассмотренных на лекциях методов, анализируют полученные результаты. Параллельно вычисления и построения производятся на доске, при необходимости преподаватель делает замечания и/или вносит исправления.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов состоит в работе с текстом лекционного материала, размещённого в электронном курсе "Методы оптимизации", в изучении основной и дополнительной литературы, в численном решении предлагаемых задач, предлагаемых в аудитории и размещённых в электронном курсе, а также в анализе результатов.
устный опрос	В начале каждого практического занятия преподаватель проводит устный опрос по тематике предыдущего занятия. При необходимости преподаватель разъясняет те или иные аспекты, понимание которых вызвало трудности у студентов, иллюстрируя, по возможности, теоретические положения графически. Приветствуется инициатива студентов при разъяснении сложных вопросов, выносимых на устный опрос.
контрольная работа	Контрольная по дисциплине 'Дополнительные главы оптимизации' предполагает численное решение предложенных преподавателем задач. Для проведения вспомогательных расчётов допускается использование калькуляторов. При выставлении оценки за контрольную работу учитывается не только численный результат, но и логика решения задачи и оформление работы.
письменная работа	Письменная работа предполагает численное решение оптимизационных задач. Допускается использование компьютерной техники и пакетов прикладных программ для проведения вспомогательных вычислений и графических построений. Письменные работы могут выборочно проверяться преподавателем и/или другими студентами.
экзамен	Экзамен по дисциплине 'Дополнительные главы оптимизации' предполагает ответ на два теоретических вопроса из списка, размещённого в электронном курсе, а также на несколько дополнительных вопросов. Перед экзаменом преподавателем проводится консультация, на которой разъясняются наиболее трудные для понимания вопросы.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Освоение дисциплины "Дополнительные главы оптимизации" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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.

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Освоение дисциплины "Дополнительные главы оптимизации" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;

- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

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