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
_____ Д.А. Таюрский
"___"_____20___ г.

# Программа дисциплины

Дополнительные главы оптимизации

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика
Профиль подготовки: Прикладная математика
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**Содержание**

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

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

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 (модуля)

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

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

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 (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

13. Приложение №1. Фонд оценочных средств

14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем



ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

Программу дисциплины разработал(а)(и) профессор, д.н. (доцент) Заботин И.Я. (кафедра анализа данных и исследования операций, отделение фундаментальной информатики и информационных технологий), Igor.Zabotin@kpfu.ru

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

| Шифр компетенции | Расшифровка приобретаемой компетенции |
|---|---|
| ПК-10 | Готовность применять математический аппарат для решения поставленных задач, способность применить соответствующую процессу математическую модель и проверить ее адекватность, провести анализ результатов моделирования, принять решение на основе полученных результатов |

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- основные принципы построения математических моделей задач оптимизации;
- математические методы решения оптимизационных задач (методы линейного программирования и методы нелинейного программирования, включая методы решения негладких задач оптимизации).

Должен уметь:

- применять на практике известные методы решения задач математического программирования, ориентироваться в программном обеспечении, используемом для решения задач оптимизации;
- осуществлять анализ получаемых результатов решения и делать практические выводы.

Должен владеть:

- навыками построения математических моделей задач оптимизации;
- теоретическими знаниями для обоснования применимости методов математического программирования к решению различных прикладных оптимизационных задач.

Должен демонстрировать способность и готовность:

-формулировать прикладные задачи в виде оптимизационных математических моделей;
-применять методы математического программирования к решению прикладных оптимизационных задач;
-ориентироваться в программном обеспечении, используемом для решения задач оптимизации;
-осуществлять анализ получаемых результатов и делать практические выводы по результатам решения.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.17.04 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.04 "Прикладная математика (Прикладная математика)" 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 - 27 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 45 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)



ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

| N | Разделы дисциплины / модуля | Семестр | Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах) | | | Самостоятельная работа |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | |
| 1. | Тема 1. Модели однокритериальных задач оптимизации | 6 | 0 | 0 | 4 | 0 |
| 2. | Тема 2. Многокритериальные задачи оптимизации. Основные подходы к решению многокритериальных оптимизационных задач. | 6 | 0 | 0 | 8 | 2 |
| 3. | Тема 3. Метод обратной матрицы (модифицированный симплексный метод) для решения задач линейного программирования. | 6 | 0 | 0 | 6 | 4 |
| 4. | Тема 4. Элементы теории двойственности в линейном программировании. Двойственный симплекс-метод. | 6 | 0 | 0 | 8 | 2 |
| 5. | Тема 5. Транспортная задача незамкнутого типа и метод ее решения. Неоднородная транспортная задача и ее решение на основе метода потенциалов. Метод потенциалов применительно к задаче о назначениях. | 6 | 0 | 0 | 8 | 2 |
| 6. | Тема 6. Методы безусловной минимизации выпуклых функций. | 6 | 0 | 0 | 6 | 2 |
| 7. | Тема 7. Методы градиентного типа для условной минимизации выпуклых функций. | 6 | 0 | 0 | 8 | 2 |
| 8. | Тема 8. Методы последовательной безусловной оптимизации. Метод штрафных функций. Метод барьеров. Метод центров. Метод модифицированной функции Лагранжа. | 6 | 0 | 0 | 8 | 4 |
| 9. | Тема 9. Методы отсечений для задач выпуклого программирования. | 6 | 0 | 0 | 4 | 2 |
| 10. | Тема 10. Методы субградиентного типа для минимизации недифференцируемых функций и их реализации. Эпсилон-субдифференциалы. Обобщенная выпуклость. Квазивыпуклые и псевдовыпуклые функции. | 6 | 0 | 0 | 6 | 4 |
| 11. | Тема 11. Вариационное исчисление и оптимальное управление. | 6 | 0 | 0 | 6 | 3 |
| | Итого | | 0 | 0 | 72 | 27 |

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

**Тема 1. Модели однокритериальных задач оптимизации**

Введение. История становления и перспективы развития методов оптимизации. Принципы построения оптимизационных математических моделей однокритериальных оптимизационных задач (критерий оптимальности, ограничения задачи). Примеры математических моделей (задача производственного типа, задачи транспортного типа, задачи о раскрое материалов, задачи упаковки. задачи о назначениях и др.).



ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

**Тема 2. Многокритериальные задачи оптимизации. Основные подходы к решению многокритериальных оптимизационных задач.**

Примеры многокритериальных оптимизационных задач. Общая постановка задачи многокритериальной оптимизации. Множество абсолютных решений. Основные подходы к решению таких задач. Метод свертки критериев, метод контрольных показателей, метод на основе метрики в пространстве критериев (метод идеальной точки), парето-оптимальные решения и способы их отыскания, метод последовательных уступок и др.

**Тема 3. Метод обратной матрицы (модифицированный симплексный метод) для решения задач линейного программирования.**

Обоснование метода обратной матрицы (модифицированного симплексного метода). Алгоритм метода. Приведение задачи линейного программирования (ЛП) к виду, к которому применим метод. Решение задач ЛП методом обратной матрицы в случае, когда среди столбцов матрицы ограничений есть единичный базис. Решение задач ЛП этим методом с основными ограничениями вида "меньше или равно". Решение методом обратной матрицы задач ЛП с привлечением метода искусственных переменных и задач, в которых отсутствуют дополнительные ограничения на неотрицательность переменных.

**Тема 4. Элементы теории двойственности в линейном программировании. Двойственный симплекс-метод.**

Различные постановки двойственных задач линейного программирования. Некоторые вспомогательные свойства двойственных пар задач линейного программирования. Основная

теорема двойственности. Идеи, на которых базируется двойственный симплексный метод. Обоснование правила перехода к новому базису. Алгоритм метода. Практическое применение двойственного метода (обсуждение задач, к которым удобно применять метод). Решение примеров двойственным методом.

**Тема 5. Транспортная задача незамкнутого типа и метод ее решения. Неоднородная транспортная задача и ее решение на основе метода потенциалов. Метод потенциалов применительно к задаче о назначениях.**

Постановка транспортной задачи незамкнутого типа. Решение незамкнутых транспортных задач с помощью введения фиктивных поставщиков или потребителей на основе метода потенциалов. Постановка неоднородной транспортной задачи (транспортной задачи с фиксированными доплатами) и способы ее приближенного решения с привлечением метода потенциалов. Постановка задачи о назначениях и решение ее методом потенциалов. Решение примеров.

**Тема 6. Методы безусловной минимизации выпуклых функций.**

"Быстрые" и "медленные" переменные. Методы спуска по группам переменных. Многошаговые методы безусловной минимизации. Сопряженные относительно положительно определенной симметричной квадратной матрицы направления. Использование базисов, сформированных из системы сопряженных направлений для отыскания безусловного минимума выпуклой квадратичной функции. Метод сопряженных градиентов.

**Тема 7. Методы градиентного типа для условной минимизации выпуклых функций.**

Метод возможных направлений Зойтендейка. Общий принцип отыскания наилучшего подходящего направления. Нормализация. Условия оптимальности в задаче выбора направления. Эпсилон-прием. Алгоритм метода с эпсилон-приемом. Варианты метода проекции градиента. Метод линеаризации. Обзор прочих методов градиентного типа для решения задач условной минимизации.

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

Методы последовательной безусловной минимизации. Штрафная функция. Примеры штрафных функций для различных множеств. Штрафной множитель. Общая схема метода штрафных функций. Барьерная функция и ее использование в методе барьеров. Функция d-расстояния. Центр множества. Метод центров и его модификации. Модифицированная функция Лагранжа.

**Тема 9. Методы отсечений для задач выпуклого программирования.**

Метод отсечений с погружением допустимого множества в многогранник. Метод отсечений Булатова. Метод отсечений с периодическим обновлением аппроксимирующих множеств за счет отбрасывания накапливающихся дополнительных ограничений. Метод отсечений с погружением в многогранное множество надграфика целевой функции и его модификация с обновлением аппроксимирующих множеств. Метод уровней.

**Тема 10. Методы субградиентного типа для минимизации недифференцируемых функций и их реализации. Эпсилон-субдифференциалы. Обобщенная выпуклость. Квазивыпуклые и псевдовыпуклые функции.**

Методы обобщенного градиентного спуска для безусловной и условной минимизации. Его реализации. Обобщения понятия выпуклости функций. Квазивыпуклые функции. Явно-квазивыпуклые функции. Строго-квазивыпуклые функции. Псевдовыпуклые функции. Строго псевдовыпуклые функции. Конусы опорных и обобщенно опорных векторов. Условно обобщенно опорные векторы. Эпсилон-опорные векторы. Эпсилон-субградиентные методы Лемарешаля.

**Тема 11. Вариационное исчисление и оптимальное управление.**

Постановка задачи вариационного исчисления. Примеры задач вариационного исчисления. Уравнение Эйлера (с обоснованием). Примеры использования уравнения Эйлера. Постановка задачи оптимального управления. Оптимальность по быстродействию. Принцип максимума Понтрягина (с выводом). Пример использования принципа максимума.



ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

## 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"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

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

Доп. главы оптимизации - https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a397add6f7b0045b7a13899db3ca2de2c%40thread.tacv2/conversations?groupId=a305

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 | Реализация данной дисциплины предполагает как очную, так и дистанционное форму обучения. 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. |
| самостоя-тельная 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. |
| 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)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

## 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 "Прикладная математика".



ЭЛЕКТРОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КФУ

*Приложение 2*
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*
*Б1.В.ДВ.17.04 Дополнительные главы оптимизации*

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика
Профиль подготовки: Прикладная математика
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**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

**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

*Приложение 3*
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*
*Б1.В.ДВ.17.04 Дополнительные главы оптимизации*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 01.03.04 - Прикладная математика
Профиль подготовки: Прикладная математика
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2017

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

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.