

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
\_\_\_\_\_ Турилова Е.А.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Вычислительная гидродинамика

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

## 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

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. Калинин Е.И. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), EIKalinin@kpfu.ru ; профессор, д.н. (профессор) Мазо А.Б. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), Alexander.Mazo@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-5	Способен математически корректно ставить естественнонаучные задачи математики и механики

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

предмет и задачи ВГ, основные этапы численного моделирования процессов термогидродинамики.

Должен уметь:

строить сеточные схемы методом конечных разностей, конечных объемов и конечных элементов для типичных задач гидродинамики и теплообмена.

Должен владеть:

методами построения конечно-разностных, конечнообъемных и конечноэлементных сеток.

Должен демонстрировать способность и готовность:

построения конечно-разностных, конечнообъемных и конечноэлементных сеточных схем для уравнений гидродинамики и теплообмена

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.05.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.03 "Механика и математическое моделирование (Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 7, 8 семестрах.

### 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) на 180 часа(ов).

Контактная работа - 94 часа(ов), в том числе лекции - 46 часа(ов), практические занятия - 48 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 68 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 18 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 7 семестре; экзамен в 8 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	Се-местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само-стоя-тельная ра-бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	
	Тема 1. Предмет, задачи и методы								
1.									

вычислительной гидродинамики (ВГ). Классификация течений жидкости. Этапы решения задач ВГ.

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
2.	Тема 2. Основные уравнения и математические модели аэрогидромеханики, фильтрации и теплопереноса.	7	12	0	12	0	0	0	16
3.	Тема 3. Сетки и основные алгоритмы их построения. Генераторы сеток в CFD-пакетах.	7	4	0	4	0	0	0	12
4.	Тема 4. Метод конечных разностей. Методы построения разностных схем (РС) для типичных задач ВГ. Аппроксимация, устойчивость и сходимости РС. Оценка дисперсии и диссипации РС. Основные РС для уравнений конвекции-диффузии. Схемы 2-го порядка. РС для уравнений Кортевега де Вриза, Бюргерса. Схемы коррекции потоков и TVD. Факторизованные РС для многомерных уравнений. РС для задач фильтрации.	7	10	0	10	0	0	0	10
5.	Тема 5. Метод конечных элементов (МКЭ). Базисные функции в методе Галеркина. Интегральные тождества для типичных задач ВГ. Дифференцирование и интегрирование. Матрицы масс и жесткости, вектор нагрузок. Численное интегрирование. Сборка системы МКЭ.	8	4	0	4	0	0	0	4
6.	Тема 6. МКЭ для двумерной смешанной задачи теплопроводности. МКЭ для уравнений Навье-Стокса.	8	4	0	4	0	0	0	10
7.	Тема 7. Метод конечных объемов (МКО) Простейшие схемы МКО для 1-мерных уравнений переноса и диффузии. МКО на неструктурированных сетках. Алгоритмы сборки сеточных схем МКО.	8	2	0	4	0	0	0	5
8.	Тема 8. МКО для задач двухфазной фильтрации. МКО для уравнений Навье-Стокса.	8	4	0	4	0	0	0	5
	Итого		46	0	48	0	0	0	68

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

**Тема 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики (ВГ). Классификация течений жидкости. Этапы решения задач ВГ.**

Предмет, задачи и методы ВГ. Внутренние и внешние течения, сдвиг, струи, пограничный слой, отрыв; стационарные и периодические режимы; ламинарные и турбулентные течения; фильтрация. Этапы решения задач ВГ: физическая постановка, математическая модель, сетка, аппроксимация, алгоритмы численного решения; тестирование схем и алгоритмов, визуализация; калибровка модели.

## **Тема 2. Основные уравнения и математические модели аэрогидромеханики, фильтрации и теплопереноса.**

Основные уравнения и математические модели аэрогидромеханики, фильтрации и теплопереноса. Уравнения неразрывности и движения вязкой жидкости. Уравнения Навье-Стокса. Уравнение энергии. Фазовые превращения. Динамический и тепловой пограничные слои. Уравнения Рейнольдса для турбулентных течений и их замыкания. Уравнения фильтрации.

## **Тема 3. Сетки и основные алгоритмы их построения. Генераторы сеток в CFD-пакетах.**

Сетки и основные алгоритмы их построения. Генераторы сеток в CFD-пакетах. Сетки. Алгоритмы построения сгущающихся и адаптивных сеток. Структурированные и неструктурированные сетки. Композитные, многоблочные, адаптивные и скользящие сетки. Генераторы сеток в CFD-пакетах Fluent-Gambit и GridGen.

## **Тема 4. Метод конечных разностей. Методы построения разностных схем (РС) для типичных задач ВГ. Аппроксимация, устойчивость и сходимости РС. Оценка дисперсии и диссипации РС. Основные РС для уравнений конвекции-диффузии. Схемы 2-го порядка. РС для уравнений Кортевега де Вриза, Бюргерса. Схемы коррекции потоков и TVD. Факторизованные РС для многомерных уравнений. РС для задач фильтрации.**

Метод конечных разностей. Аппроксимация, устойчивость, сходимость, консервативность, дисперсия и диссипация. Метод Неймана исследования устойчивости явных и неявных РС для уравнений теплопроводности, переноса и конвекции-диффузии. Разностные схемы (РС) 2-го порядка: Кранка-Николсона; Дюффорта-Франкела; Лакса-Вендроффа, ?чехарда?. РС для уравнений конвекции-диффузии, Кортевега де Вриза, Бюргерса. Схемы Лакса-Вендроффа, Кранка-Николсона. Слабодиссипативные схемы коррекции потоков и TVD. Экономичные факторизованные РС для многомерных уравнений: ?классики?, Писмена-Рэкфорда, Кранка-Николсона с поправкой. РС для задач двухфазной фильтрации.

## **Тема 5. Метод конечных элементов (МКЭ). Базисные функций в методе Галеркина. Интегральные тождества для типичных задач ВГ. Дифференцирование и интегрирование. Матрицы масс и жесткости, вектор нагрузок. Численное интегрирование. Сборка системы МКЭ.**

Метод конечных элементов (МКЭ). МКЭ как метод взвешенных невязок. Базисные функций в методе Галеркина. Интегральное тождество как обобщенная (слабая) форма постановки краевых задач. Интегральные тождества для типичных задач ВГ. Триангуляция, канонический базисный элемент, преобразования локальных координат в глобальные и обратно. Базисные функции, дифференцирование и интегрирование. Конечные элементы с линейными, квадратичными и кубическими базисными функциями. Элементные вектора и матрицы: матрицы масс и жесткости, вектор нагрузок. Численное интегрирование. Поэлементная сборка системы МКЭ.

## **Тема 6. МКЭ для двумерной смешанной задачи теплопроводности. МКЭ для уравнений Навье-Стокса.**

Метод конечных элементов для двумерной смешанной задачи теплопроводности. Метод конечных элементов для уравнений Навье-Стокса. Задачи. Построение сеточной схемы Метод конечных элементов для двумерной смешанной задачи теплопроводности. Применение Метод конечных элементов для построения сеточной схемы решения уравнений Навье-Стокса.

## **Тема 7. Метод конечных объемов (МКО) Простейшие схемы МКО для 1-мерных уравнений переноса и диффузии. МКО на неструктурированных сетках. Алгоритмы сборки сеточных схем МКО.**

Метод конечных объемов (МКО) Принципы построения схем МКО. Простейшие схемы МКО для 1-мерных уравнений переноса и диффузии. Способы вычисления потоков через грани. Граничные условия. Многомерные схемы МКО. Неструктурированные сетки. Структура данных, ориентированная на грани. Алгоритмы сборки сеточных схем МКО.

## **Тема 8. МКО для задач двухфазной фильтрации. МКО для уравнений Навье-Стокса.**

Метод конечных объемов для задач двухфазной фильтрации. Метод конечных объемов для уравнений Навье-Стокса. Задачи. Метод конечных объемов для задач двухфазной фильтрации. Противопотоковые схемы. Метод конечных объемов для уравнений Навье-Стокса. Неструктурированные сетки. Структура данных, ориентированная на грани. Алгоритмы сборки сеточных схем МКО.

## **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 науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/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)**



Ильин В. П. Методы конечных разностей и конечных объемов для эллиптических уравнений - <http://opac.mpei.ru/notices/index/IdNotice:51845/Source:default>

Мазо А.Б. Основы теории и методы расчета теплопередачи: учебное пособие / ? Казань: Казан. ун-т, 2013. - 144 с. - [http://www.kpfu.ru/docs/F139730217/Mazo\\_Teploperedacha.pdf](http://www.kpfu.ru/docs/F139730217/Mazo_Teploperedacha.pdf)

Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

Норри Д., де Фриз Ж. Введение в метод конечных элементов - <http://download.nehudit.ru/area001/self0004/norry.rar>

Электронные ресурсы издательства - <http://link.springer.com/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Студентам необходимо посещать лекции, вести конспект лекций вслед за изложением материала преподавателем. Рекомендуется прорабатывать конспект в течение дня после лекции и просматривать его вновь накануне следующей лекции. В случае обнаружения ошибок или возникновения вопросов по предыдущему материалу необходимо обратиться к преподавателю.
практические занятия	Для подготовки к практическим занятиям студенту рекомендуется предварительно прорабатывать как лекционный материал, так и материал предыдущих практических занятий. Основой для подготовки служит добросовестное выполнение домашнего задания. Для успешного решения задач первой части курса студентам рекомендуется вспомнить материал, освоенный в предыдущих семестрах в рамках базовых математических дисциплин.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов состоит из двух основных частей - проработка лекционного материала и выполнения домашних заданий. Для освоения теоретического и практического материала, в случае, когда конспектов оказывается недостаточным, или для более детальной проработки отдельных тем рекомендуется использовать литературу, указанную в соответствующем разделе. Все возникающие вопросы рекомендуется заранее четко сформулировать и впоследствии обсудить с преподавателем.
зачет	Подготовку к зачету рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все вопросы к зачету и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описанным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем вопросам.
экзамен	Подготовку к экзамену рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все экзаменационные вопросы и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описанным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем экзаменационным вопросам.

## 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.

Компьютерный класс.

## **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 01.03.03 "Механика и математическое моделирование" и профилю подготовки "Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики".

*Приложение 2*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.05.01 Вычислительная гидродинамика*

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

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

**Основная литература:**

1. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкости. М.: Мир, 1991. Т.1. 502 с.; Т.2. 552 с
2. Роуч, П. Вычислительная гидродинамика. М.: Мир, 1980. - 616 с.
3. Пейре Р., Тейлор Т.Д. Вычислительные методы в задачах механики жидкости Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 351
4. Самарский А. А. Теория разностных схем. М.: Наука, 1982

**Дополнительная литература:**

1. Патанкар С. В. Численное решение задач теплопроводности и конвективного теплообмена при течении в каналах - М.: Издательство МЭИ, 2003. - 312 с.
2. Каневская Р. Д. Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов. Москва, Ижевск, 2003

*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.05.01 Вычислительная гидродинамика*

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

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

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.