

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



*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Газовая динамика

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: 2025

## 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. Филатов Е.И. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), Evgueny.Filatov@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:

Принципы построения математических моделей и записи основных уравнений, характер влияния различных внешних факторов на движение газового потока.

Должен уметь:

Иметь навыки самостоятельного решения типичных задач газовой динамики.

Должен владеть:

Хорошо представлять структуру и физические особенности характерных газовых течений, таких например, как истечение струи из сопла ракетного двигателя или обтекание крыла сверхзвукового самолета.

Должен демонстрировать способность и готовность:

Студент должен демонстрировать способность и готовность разбираться в новых публикациях по газовой динамике, использовать освоенные теоретические знания для решения практических задач, а также для научно-исследовательской работы в данном секторе науки.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.06.01 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 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 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 48 часа(ов), в том числе лекции - 32 часа(ов), практические занятия - 16 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 42 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 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	
N	Разделы дисциплины / модуля	Се-местр	Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи-ческие занятия, всего	Практи-ческие в эл. форме	Лабора-торные работы, всего	Лабора-торные в эл. форме	Само-стоя-тельная ра-бота
1.	Тема 1. Модель газовой динамики. Основные уравнения. Одномерные стационарные течения газа.	7	6	0	2	0	0	0	8
2.	Тема 2. Поверхности разрыва. Ударная адиабата. Теорема Цемплена.	7	6	0	4	0	0	0	10
3.	Тема 3. Косой скачок. Ударная поляра.	7	6	0	2	0	0	0	8
4.	Тема 4. Двумерные стационарные сверхзвуковые течения газа. Теория крыла конечного размаха.	7	6	0	4	0	0	0	11
5.	Тема 5. Вариационные задачи сверхзвуковой газовой динамики. Двумерные стационарные дозвуковые течения газа. Одномерные нестационарные течения газа.	7	6	0	2	0	0	0	3
4.2	Тема 6. Основные особенности гиперзвуковых течений. Свободномолекулярные течения газа.	7	6	0	2	0	0	0	2
6.	Тема 1. Модель газовой динамики. Основные уравнения. Одномерные стационарные течения газа. Предмет и методы газовой динамики. Отличительные особенности разделов газовой динамики от других курсов механики жидкости, газа и плазмы. Модели газовой динамики. Основные уравнения в интегральной и дифференциальной формах. Задача о распространении звука. Скорость звука, число Маха. Одномерные стационарные течения газа. Сопло Лавала. Уравнение обращения воздействия Вулиса.	7	6	0	2	0	0	0	42

#### Тема 2. Поверхности разрыва. Ударная адиабата. Теорема Цемплена.

Поверхности разрыва, сильного и слабого. Условия образования поверхностей сильного и слабого разрыва. Примеры образования поверхностей сильного и слабого разрыва. Условия Гюгонио-Ренкена в разных системах координат. Ударная адиабата. Теорема Цемплена. Прямой скачок уплотнения. Примеры образования прямого скачка уплотнения.

#### Тема 3. Косой скачок. Ударная поляра.

Косой скачок уплотнения. Условия образования косого скачка уплотнения. Примеры образования косого скачка уплотнения. Соотношения параметров на косом скачке, изменение энтропии. Потери полного давления. Зависимость угла наклона косого скачка от угла поворота потока. Ударная поляра. Условия отсоединения косого скачка от обтекаемого тела.

#### Тема 4. Двумерные стационарные сверхзвуковые течения газа. Теория крыла конечного размаха.

Двумерные стационарные сверхзвуковые течения газа. Метод характеристик для безвихревого течения. Течение Прандтля-Майера. Метод характеристик для осесимметричных течений. Симметричное обтекание круглого конуса сверхзвуковым потоком газа.

Теория малых возмущений. Обтекание тонкого профиля дозвуковым линейаризованным потоком, правило Прандтля-Глауэрта. Обтекание тонкого профиля сверхзвуковым линейаризованным потоком. Формулы Аккерета. Обтекание осесимметричных тел линейаризованным потоком. Теория крыла конечного размаха.

#### Тема 5. Вариационные задачи сверхзвуковой газовой динамики. Двумерные стационарные дозвуковые течения газа. Одномерные нестационарные течения газа.

Вариационные задачи сверхзвуковой газовой динамики. Профили максимального аэродинамического качества. Двумерные стационарные дозвуковые течения газа. Уравнение Ампера - Монжа. Уравнения Чаплыгина. Решение уравнений Чаплыгина для струйных задач.

Одномерные нестационарные течения газа. Инварианты Римана. Метод характеристик. Простые волны. Образование ударных волн. Движение газа за поршнем. Уравнения нестационарного движения в переменных Лагранжа.

#### Тема 6. Основные особенности гиперзвуковых течений. Свободномолекулярные течения газа.

Основные особенности гиперзвуковых течений. Примеры задач гиперзвуковых течений. Закон плоских сечений. Нестационарная аналогия. Закон подобия гиперзвукового обтекания тонких тел идеальным газом. Теория Ньютона. Формула Буземанна. Свободномолекулярные течения газа. Примеры задач со свободномолекулярными течениями газа.

#### **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)

Волков К. Н. Разностные схемы в задачах газовой динамики на неструктурированных сетках - Москва: Физматлит, 2015 - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=71989](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=71989)

Газовая динамика. Избранное /Под ред. Крайко А. Н., Ватажин А. Б., Секундов А. Н. - Москва: Физматлит, 2005 - 720с. - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59412](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59412)

Димитриенко Ю.И. и др. Метод ленточных сеток для численного моделирования в газовой динамике - Москва: Физматлит, 2011 - 279с. - [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59617](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59617)

Компьютерное моделирование Program Startflow - <https://www.youtube.com/channel/UCB2uS1B2zMZvU7IcAd69uDw>

## 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.
экзамен	В качестве экзамена проводится зачет с оценкой Для подготовки к зачету необходимо посещение лекций и практических занятий, активное участие в разборе методов решения задач. рекомендуется предварительно прорабатывать как лекционный материал, так и материал предыдущих практических занятий. Студентам необходимо посещать лекции, вести конспект лекций вслед за изложением материала преподавателем

## 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.



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".

### 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: 2025

#### Основная литература:

1. Нигматулин Р.И., Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика / Нигматулин Р. И. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 640 с. - ISBN 978-5-9704-2898-6 - Текст : электронный // ЭБС 'Консультант студента' : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970428986.html>
2. Андреев, В.К. Математические модели механики сплошных сред : учебное пособие / В.К. Андреев. - Санкт-Петербург : Лань, 2015. - 240 с. - ISBN 978-5-8114-1998-2. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/67464>
3. Темам Р. Математическое моделирование в механике сплошных сред: учебное пособие / Р. Темам, А. Миранвиль; под редакцией Г. М. Кобелькова; перевод И. О. Арушаняна. - 3-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2017. - 323 с. - ISBN 978-5-00101-494-2. - Текст: электронный// Электронно-библиотечная система 'Лань': [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/94110>
4. Физико-химические процессы в газовой динамике. Справочник : справочник / В.М. Жданов, В.С. Галкин, О.А. Гордеев, И.А. Соколова. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 3 : Модели процессов молекулярного переноса в физико-химической газодинамике - 2012. - 284 с. - ISBN 978-5-9221-1158-4. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59588>

#### Дополнительная литература:

1. Сборник задач по газовой динамике [Текст: электронный ресурс] : учебное пособие / Казан. гос. ун-т ; [сост. Е.И. Филатов, Г.Н. Чукурумова] .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) . Ч. 1: Одномерные течения [Текст: электронный ресурс].- Электронные данные (1 файл: 0,37 Мб) .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) .- Загл. с экрана .- Режим доступа: открытый . Оригинал копии: Одномерные течения .- 2005 .- 51 с. URL: <http://libweb.kpfu.ru/ebooks/publicat/0-749361.pdf>
2. Сборник задач по газовой динамике [Текст: электронный ресурс] : учебное пособие / Казан. гос. ун-т ; [сост. Е.И. Филатов, Г.Н. Чукурумова] .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) . Ч. 2: Двумерные течения [Текст: электронный ресурс].- Электронные данные (1 файл: 0,44 Мб) .- (Казань : Казанский федеральный университет, 2014) .- Загл. с экрана .- Режим доступа: открытый . Оригинал копии: Двумерные течения .- 2006 .- 46, [2] с. URL: <http://libweb.kpfu.ru/ebooks/publicat/0-760480.pdf>
3. Стулов, В.П. Лекции по газовой динамике : учебное пособие / В.П. Стулов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 189 с. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48216>
4. Димитриенко, Ю.И. Метод ленточных адаптивных сеток для численного моделирования в газовой динамике / Ю.И. Димитриенко, В.П. Котенев, А.А. Захаров. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 280 с. - ISBN 978-5-9221-1325-0. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59617>
5. Волков К.Н. Разностные схемы в задачах газовой динамики на неструктурированных сетках / К.Н. Волков, Ю.Н. Дерюгин, В.Н. Емельянов, А.С. Козелков ; под редакцией В.Н. Емельянова, К.Н. Волкова. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2015. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-1609-1. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/71989>
6. Бахвалов, Н.С. Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие / Н.С. Бахвалов, А.В. Лапин, Е.В. Чижонков ; под редакцией В.А. Садовниченко. - 4-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2015. - 243 с. - ISBN 978-5-9963-2980-9. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/70743>
7. Амосов, А.А. Вычислительные методы : учебное пособие / А.А. Амосов, Ю.А. Дубинский, Н.В. Копченкова. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 672 с. - ISBN 978-5-8114-1623-3. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/42190>





*Приложение 3*  
*к рабочей программе дисциплины (модуля)*  
*Б1.В.ДВ.06.01 Газовая динамика*

**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: 2025

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.