

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  
проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Газовая динамика Б1.В.ДВ.7

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Общий профиль

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2016

**Автор(ы):** Соловьев С.А.

**Рецензент(ы):** Егоров А.Г.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Поташев К. А.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

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) старший научный сотрудник, к.н. Соловьев С.А. (лаборатория сорбционных и каталитических процессов, Отдел физической химии), serguei\_s349@mail.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-4	способностью находить, анализировать, реализовывать программно и использовать на практике математические алгоритмы, в том числе с применением современных вычислительных систем
ПК-2	способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики
ПК-3	способностью строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата

Выпускник, освоивший дисциплину:

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, например, таких 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 в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.7 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.03 "Механика и математическое моделирование (Общий профиль)" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 3, 4 курсах в 6, 7 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 - 108 часа(ов), в том числе лекции - 54 часа(ов), практические занятия - 54 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 72 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: отсутствует в 6 семестре; зачет с оценкой 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	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Модель газовой динамики. Основные уравнения. Одномерные стационарные течения газа.	6	6	12	0	18
2.	Тема 2. Поверхности разрыва. Ударная адиабата. Теорема Цемплена.	6	6	12	0	18
3.	Тема 3. Косой скачок. Ударная поляра.	6	6	12	0	18
4.	Тема 4. Двумерные стационарные сверхзвуковые течения газа. Теория крыла конечного размаха.	7	12	6	0	6
5.	Тема 5. Вариационные задачи сверхзвуковой газовой динамики. Двумерные стационарные дозвуковые течения газа. Одномерные нестационарные течения газа.	7	12	6	0	6
6.	Тема 6. Основные особенности гиперзвуковых течений. Свободномолекулярные течения газа.	7	12	6	0	6
	Итого		54	54	0	72

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### **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 Лавалья. Уравнение обращения воздействия Вулиса.

##### **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 линейризованным потоком, правило Прандтля-Глауэрта. Обтекание тонкого профиля сверхзвуковым линейризованным потоком. Формулы Аккерета. Обтекание осесимметричных тел линейризованным 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 полное 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
<b>Семестр 6</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Контрольная работа	ПК-2, ПК-3	1. Модель газовой динамики. Основные уравнения. Одномерные стационарные течения газа.
2	Контрольная работа	ПК-2, ПК-3	2. Поверхности разрыва. Ударная адиабата. Теорема Цемплена.
3	Контрольная работа	ПК-2, ПК-3	3. Косой скачок. Ударная поляра.
<b>Семестр 7</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Компьютерная программа	ОПК-4	4. Двумерные стационарные сверхзвуковые течения газа. Теория крыла конечного размаха.

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
2	Контрольная работа	ПК-2 , ПК-3	5. Вариационные задачи сверхзвуковой газовой динамики. Двумерные стационарные дозвуковые течения газа. Одномерные нестационарные течения газа.
	<b>Зачет с оценкой</b>	ОПК-4, ПК-2, ПК-3	

## 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.	
<b>Семестр 6</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
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.	1
					2
					3
<b>Семестр 7</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Компьютерная программа	Высокий уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача полностью решена.	Хороший уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача в основном решена.	Удовлетворительный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача решена частично.	Недостаточный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача не решена.	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.	
<b>Зачет с оценкой</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и 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. Контрольная работа**

Тема 1

1. Задача о распространении звука.
2. Определение скорости звука для заданных параметров газа.

**2. Контрольная работа**

Тема 2

1. Определения параметров газа для одномерных стационарных течений.
2. Задача о течении газа через сопло Лавалья.

**3. Контрольная работа**

Тема 3

1. Определение изменения давления, плотности и температуры на косом скачке, изменение энтропии.
2. Определение компонент скорости за скачком.
3. Определение угла наклона скачка от угла отклонения потока, сильный и слабый случай.
4. Определение параметров с помощью ударной поляры.

**Семестр 7**

**Текущий контроль**

**1. Компьютерная программа**

Тема 4

Программная реализация численных алгоритмов расчета симметричного обтекания круглого конуса сверхзвуковым потоком газа.

**2. Контрольная работа**

Тема 5

1. Задача расчета одномерного нестационарного течения газа методом характеристик.
2. Задача о движении газа за поршнем.
3. Задача о движении газа перед поршнем.

### Зачет с оценкой

Вопросы к зачету с оценкой:

1. Предмет и методы газовой динамики. Модели газовой динамики.
2. Основные уравнения в интегральной и дифференциальной формах.
3. Задача о распространении звука. Скорость звука, число Маха.
4. Одномерные стационарные течения газа. Сопло Лаваля.
5. Уравнение обращения воздействия Вулиса.
6. Поверхности разрыва, сильного и слабого. Условия Гюгонио-Ренкена в разных системах координат.
7. Ударная адиабата. Теорема Цемплена.
8. Косой скачок. Соотношения параметров на косом скачке, изменение энтропии. Потери полного давления.
9. Зависимость угла наклона косого скачка от угла поворота потока. Ударная поляра.
10. Двумерные стационарные сверхзвуковые течения газа.
11. Метод характеристик для безвихревого течения. Течение Прандтля-Майера.
12. Метод характеристик для осесимметричных течений. Симметричное обтекание круглого конуса сверхзвуковым потоком газа.
13. Теория малых возмущений. Обтекание тонкого профиля дозвуковым линейризованным потоком, правило Прандтля-Глауэрта.
14. Обтекание тонкого профиля сверхзвуковым линейризованным потоком. Формулы Аккерета.
15. Обтекание осесимметричных тел линейризованным потоком.
16. Теория крыла конечного размаха.
17. Вариационные задачи сверхзвуковой газовой динамики. Профили максимального аэродинамического качества.
18. Двумерные стационарные дозвуковые течения газа. Уравнение Ампера - Монжа.
19. Уравнения Чаплыгина. Решение уравнений Чаплыгина для струйных задач.
20. Одномерные нестационарные течения газа. Инварианты Римана.
21. Простые волны. Образование ударных волн. Движение газа за поршнем.
22. Основные особенности гиперзвуковых течений. Закон плоских сечений. Нестационарная аналогия.
23. Закон подобия гиперзвукового обтекания тонких тел идеальным газом. Теория Ньютона. Формула Буземанна.
24. Свободномолекулярные течения газа.

### 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
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
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.	1	8
		2	8
		3	8
<b>Семестр 7</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Компьютерная программа	Обучающиеся самостоятельно составляют программу на определённом языке программирования в соответствии с заданием. Программа сдаётся преподавателю в электронном виде. Оценивается реализация алгоритмов на языке программирования, достижение заданного результата.	1	14

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдается преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	2	12
Зачет с оценкой	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. 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. 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>

### 7.2. 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. Копченова. - 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>

### 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.
контрольная работа	При подготовке к выполнению контрольных работ студентам рекомендуется проработать соответствующий материал, заблаговременно сформулировать и задать преподавателю возникшие вопросы, подготовить краткий справочный материал по используемым уравнениям и формулам при решении задач для сокращения затрачиваемого времени.
компьютерная программа	Для написания компьютерной программы необходимо записать алгоритм решения,перевести его на язык программирования С+, произвести отладку программы, используя для этого промежуточные результаты, вывести наглядно окончательный результат и его проанализировать. По результатам оформить отчет по установленной преподавателем форме.
зачет с оценкой	Подготовку к зачету с оценкой 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.

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

Освоение дисциплины "Газовая динамика" 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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

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

Освоение дисциплины "Газовая динамика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

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 01.03.03 "Механика и математическое моделирование" и профилю подготовки Общий профиль .