

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального 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

**Автор(ы):**

Филатов Е.И.

**Рецензент(ы):**

Егоров А.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Егоров А. Г.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

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

Протокол заседания УМК No \_\_\_ от "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) Филатов Е.И.

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Газовая динамика" являются: получение общего представления о задачах газовой динамики и методах их решения, получение основополагающих знаний в наиболее важных областях теоретической и прикладной газовой динамики, усвоение методологических подходов к решению типичных задач газовой динамики, получение навыков математической формулировки и анализа новых задач внутри изучаемого класса, получение навыков практической работы с размерными и безразмерными величинами, ознакомление с общенаучными проблемами, вклад в решение которых вносит данная дисциплина. Основной целью является подготовка специалиста для работы в научно-исследовательских институтах и проектно-конструкторских бюро соответствующего профиля.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.7 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.03 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3, 4 курсах, 6, 7 семестры.

Дисциплина входит в вариативную часть профессионального цикла.

Получаемые знания составляют существенную часть итогового багажа профессиональных знаний бакалавра - специалиста в данной области и с одной стороны необходимы для работы в организациях указанного выше профиля, с другой стороны являются базовыми для понимания и освоения специальных курсов в случае продолжения образования в магистратуре.

Слушатели должны владеть знаниями по общематематическим дисциплинам, а также по теоретической механике и механике сплошной среды.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	Обладать способностью к определению закономерностей, а также инструментальных средств данной области знания
ПК-10 (профессиональные компетенции)	Обладать пониманием корректности постановок задач
ПК-12 (профессиональные компетенции)	Обладать глубоким пониманием сути точности фундаментального знания
ПК-18 (профессиональные компетенции)	Обладать умением публично представить собственные и известные научные результаты
ПК-7 (профессиональные компетенции)	Обладать умением грамотно пользоваться языком математики
ПК-20 (профессиональные компетенции)	Обладать владением методами математического и алгоритмического моделирования при решении прикладных и инженерно технических задач

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

принципы построения математической модели и записи основных уравнений, характер влияния различных внешних факторов на движение газового потока.

2. должен уметь:

Иметь навыки самостоятельного решения простейших типичных задач газовой динамики.

3. должен владеть:

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

4. 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.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 6 семестре; зачет в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Модель газовой динамики. Основные уравнения в интегральной и дифференциальной формах. Одномерные стационарные течения газа.	6	1-6	6	12	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Поверхности разрыва ? сильного и слабого. Условия Гюгонио-Ренкена в разных системах координат. Ударная адиабата. Теорема Цемплена.	6	7-12	6	12	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Косой скачок. Соотношения параметров на косом скачке, изменение энтропии. Ударная поляра	6	13-18	6	12	0	Контрольная работа
4.	Тема 4. 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. Теория крыла конечного размаха.	7	1-6	12	6	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. 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.	7	7-12	12	6	0	Устный опрос
6.	Тема 6. Основные особенности гиперзвуковых течений. Закон плоских сечений. Нестационарная аналогия. Закон подобия гиперзвукового обтекания тонких тел идеальным газом. Теория Ньютона. Формула Буземанна. Свободномолекулярные течения газа	7	13-18	12	6	0	Контрольная работа
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			54	54	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Модель газовой динамики. Основные уравнения в интегральной и дифференциальной формах. Одномерные стационарные течения газа.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Предмет и методы газовой динамики Модель 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.

**практическое занятие (12 часа(ов)):**

Основные уравнения в интегральной и дифференциальной формах. Задача о распространении звука. Скорость звука, число Маха. Одномерные стационарные течения газа. Сопло Лавалья.

**Тема 2. Поверхности разрыва ? сильного и слабого. Условия Гюгонио-Ренкена в разных системах координат. Ударная адиабата. Теорема Цемплена.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

. Уравнение обращения воздействия Вулиса. Поверхности разрыва ? сильного и слабого. Условия Гюгонио-Ренкена в разных системах координат. Ударная адиабата. Теорема Цемплена.

**практическое занятие (12 часа(ов)):**

Прямой скачок, изменение параметров газа при переходе через прямой скачок. Уравнение обращения воздействия Вулиса. Влияние трения и подвода тепла на газовый поток.

**Тема 3. Косой скачок. Соотношения параметров на косом скачке, изменение энтропии. Ударная поляра**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Косой скачок. Соотношения параметров на косом скачке, изменение энтропии. Потери полного давления. зависимость угла наклона косого скачка от угла поворота потока. Ударная поляра

**практическое занятие (12 часа(ов)):**

Решение задач о сверхзвуковых течениях газа, содержащих косой скачок. Соотношения параметров на косом скачке, изменение энтропии. Потери полного давления. зависимость угла наклона косого скачка от угла поворота потока. Методы применения ударной поляры.

**Тема 4. 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.**

**лекционное занятие (12 часа(ов)):**

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. .

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Метод характеристик для безвихревого течения. Течение Прандтля-Майера. Обтекание тонкого профиля дозвуковым линейаризованным потоком, правило Прандтля-Глауэрта. Обтекание тонкого профиля сверхзвуковым линейаризованным потоком Формулы Аккерета.

**Тема 5. 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.**

**лекционное занятие (12 часа(ов)):**

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.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Решение задач одномерного нестационарного течения газа методом характеристик. Простые волны. Образование ударных волн. задачи на движение газа за поршнем и перед поршнем. Использование уравнений нестационарного движения в переменных Лагранжа.

**Тема 6. Основные особенности гиперзвуковых течений. Закон плоских сечений. Нестационарная аналогия. Закон подобия гиперзвукового обтекания тонких тел идеальным газом. Теория Ньютона. Формула Буземанна. Свободномолекулярные течения газа**

**лекционное занятие (12 часа(ов)):**

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

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Решение задач гиперзвуковых течений газа. Закон плоских сечений. Нестационарная аналогия. Использование теории Ньютона для расчета аэродинамических характеристик тел. Задачи на свободномолекулярные течения газа

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Модель газовой динамики. Основные уравнения в интегральной и дифференциальной формах. Одномерные стационарные течения газа.	6	1-6	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
2.	Тема 2. Поверхности разрыва ? сильного и слабого. Условия Гюнио-Ренкена в разных системах координат. Ударная адиабата. Теорема Цемплена.	6	7-12	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
3.	Тема 3. Косой скачок. Соотношения параметров на косом скачке, изменение энтропии. Ударная поляра	6	13-18	подготовка к контрольной работе	6	контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. 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.	7	1-6	подготовка к устному опросу	18	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. 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.	7	7-12	подготовка к устному опросу	18	устный опрос
6.	Тема 6. Основные особенности гиперзвуковых течений. Закон плоских сечений. Нестационарная аналогия. Закон подобия гиперзвукового обтекания тонких тел идеальным газом. Теория Ньютона. Формула Буземанна. Свободномолекулярные течения газа	7	13-18	подготовка к контрольной работе	12	контрольная работа
				подготовка к устному опросу	6	устный опрос
	Итого				72	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции, семинары, лабораторные занятия, контрольные работы, зачёт. В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому лабораторному занятию. В каждом семестре проводятся контрольные работы (на лабораторных занятиях). Зачет выставляется по положительным результатам выполнения контрольных работ и самостоятельной работы в течение семестра, а также успешной сдачи теоретического материала по прилагаемой программе

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Модель газовой динамики. Основные уравнения в интегральной и дифференциальной формах. Одномерные стационарные течения газа.**

устный опрос , примерные вопросы:

Уравнение неразрывности в форме Эйлера. Уравнения движения идеального газа. Уравнение адиабаты. Уравнение состояния Клапейрона. Система основных уравнений стационарного одномерного течения. Скорость звука, число Маха, критические параметры. Теория сопла Лавалья.

### **Тема 2. Поверхности разрыва ? сильного и слабого. Условия Гюгонио-Ренкена в разных системах координат. Ударная адиабата. Теорема Цемплена.**

устный опрос , примерные вопросы:

Скорость движения поверхности разрыва. Условия Гюгонио-Ренкена в разных системах координат. Скорость распространения скачка по частицам. Ударная адиабата Сравнительная величина скачка энтропии. Теорема Цемплена.

### **Тема 3. Косой скачок. Соотношения параметров на косом скачке, изменение энтропии. Ударная поляра**

контрольная работа , примерные вопросы:

Изменение давления, плотности и температуры на косом скачке, изменение энтропии. Связь нормальных компонент скорости. Зависимость угла наклона скачка от угла отклонения потока, сильный и слабый случай. Ударная поляра

### **Тема 4. 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.**

устный опрос , примерные вопросы:

1. Двумерные стационарные сверхзвуковые течения газа. Характеристики и их расположение по отношению к вектору скорости. 2. Метод характеристик для безвихревого стационарного течения газа. Эллипс Бузе-манна. 3. Метод характеристик для безвихревого стационарного течения газа. Решение вблизи заданной границы 4. Теорема о прямолинейных характеристиках.

### **Тема 5. 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.**

устный опрос , примерные вопросы:

25. Струйные задачи. Решение уравнений Чаплыгина для струйных задач. 26. Обтекание струей газа перпендикулярно расположенной пластины. 1. Одномерные нестационарные течения газа. Инварианты Римана. 2. Уравнения движения в характеристической форме. Характеристики. 3. Основные задачи метода характеристик. 4. Простые волны. Образование ударных волн.

### **Тема 6. Основные особенности гиперзвуковых течений. Закон плоских сечений. Нестационарная аналогия. Закон подобия гиперзвукового обтекания тонких тел идеальным газом. Теория Ньютона. Формула Буземанна. Свободномолекулярные течения газа**

контрольная работа , примерные вопросы:

устный опрос , примерные вопросы:

1. Закон плоских сечений. 2. Нестационарная аналогия. 3. Гиперзвуковое обтекание тел. Теория Ньютона. 4. Формула Буземанна. 5. Свободномолекулярные течения газа. Основные допущения. Функция распределения. 6. Касательные и нормальные напряжения на элементарной площадке в свободномолекулярном потоке газа. 7. Расчет сил, действующих на тело в свободномолекулярном потоке.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

все виды текущего контроля успеваемости и аттестации по итогам освоения дисциплины оцениваются по 100-балльной рейтинговой системе, принятой к КФУ. Варианты контрольных заданий и программа зачёта приведены в приложениях 1 и 2.

### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТАМ**

1. ? Основные уравнения в интегральной и дифференциальной формах. Замкнутая система уравнений адиабатического течения.
2. ? Уравнение Бернулли в различных формах. Формула Крокко.
3. Задача о распространении звука. Волновое уравнение. Скорость звука, число Маха.
4. Критические параметры и параметры торможения.
5. Газодинамические функции, их использование.
6. Изменение параметров газа по соплу Лавалья, расчетные и нерасчетные режимы.
7. ? Одномерные нестационарные течения газа. Инварианты Римана.
8. ? Одномерные нестационарные течения газа. Характеристики. Метод характеристик, основные задачи метода характеристик.
9. ? Одномерные нестационарные течения газа. Простые волны. Образование ударных волн. Движение газа за поршнем - общее и автомобильное решение.
10. Уравнения нестационарного движения в переменных Лагранжа.

### **7.1. Основная литература:**

Механика сплошной среды, Нигматулин, Роберт Искандерович, 2014г.

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 . <URL:<http://libweb.ksu.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 . <URL:<http://libweb.ksu.ru/ebooks/publicat/0-760480.pdf>>.

### **7.2. Дополнительная литература:**

1.Покровский В.В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 253 с. <http://e.lanbook.com/view/book/8713/>

2.Стулов В.П. Лекции по газовой динамике. М.: Физматлит, 2004. - 189 с., [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=48216](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=48216)

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

альбом течений жидкости и газа . AN ALBUM OF FLUID MOTION -  
[www.imes.msu.ru/content/nio/VanDaik/vd\\_main.html](http://www.imes.msu.ru/content/nio/VanDaik/vd_main.html)

ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА - Словари и энциклопедии на Академике -  
[dic.academic.ru/dic.nsf/enc\\_physics/555/ГАЗОВАЯ](http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/555/ГАЗОВАЯ)

Книга: Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики . - [www.4tivo.com](http://www.4tivo.com) ?

Тюрев В.В. - Гиперзвуковые течения газа. - <http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=3238725>

Физико-химическая кинетика в газовой динамике - [www.chemphys.edu.ru/](http://www.chemphys.edu.ru/)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

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.

учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.03 "Механика и математическое моделирование" и профилю подготовки Общий профиль .

Автор(ы):

Филатов Е.И. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Егоров А.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.