

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра вычислительной и экспериментальной механики**

**Авторы-составители: Синер Александр Александрович  
Шуваев Николай Васильевич  
Скачков Андрей Павлович**

Рабочая программа дисциплины

**ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА**

Код УМК 62248

Утверждено  
Протокол №6  
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Газовая динамика

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.03** Механика и математическое моделирование  
направленность Программа широкого профиля

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Газовая динамика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.03.03** Механика и математическое моделирование (направленность : Программа широкого профиля)

**ПК.1** Способен решать профессиональные задачи, возникающие при проведении научных и прикладных исследований

#### **Индикаторы**

**ПК.1.1** Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований

**ПК.1.2** Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.03.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	10
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку</b>	0
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (8)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (10 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Газовая динамика. Первый семестр**

#### **1. Математическая модель газовой динамики**

В разделе подробно анализируется математическая модель газовой динамики:

- Интегральные и дифференциальные уравнения газовой динамики.
- Термодинамические свойства газов и смесей.
- Особенности в виде слабых и сильных разрывов в газе
- Распространение малых возмущений в газе

#### **1.1 Термодинамические свойства газов и смесей**

В лекции разбираются различные виды замыкающих соотношений - уравнений состояния, обосновывается выбор уравнения Менделеева-Клапейрона. Вводятся понятия совершенного газа, политропного газа, коэффициентов теплоемкости, газовой постоянной, показателя адиабаты Пуассона, термодинамических потенциалов. Приводится методология получения свойств для смесей газов.

#### **1.2 Уравнения газовой динамики в интегральном и дифференциальном виде**

В лекции выводятся интегральные и дифференциальные уравнения динамики идеального газа

#### **1.3. Слабые разрывы. Распространение малых возмущений в газах**

В лекции приводятся понятия слабых и сильных разрывов в газе, формулы для вычисления скорости движения и скорости распространения разрыва по газу, выводятся дифференциальные уравнения движения слабого разрыва и их решения в виде характеристик  $3x$  семейств. Обосновывается возможность смены типа дифференциальных уравнений газовой динамики, а также необходимость постановки граничных условий на входе и выходе в количестве, зависящем от скорости течения. Анализируются особенности распространения малых возмущений в газе, вводится понятие и формула для скорости звука, рассматриваются дозвуковой и сверхзвуковой случаи движения тела в газе.

#### **1.4. Сильные разрывы. Ударные волны**

Выводятся соотношения на сильных разрывах (контактном разрыве, скачке уплотнения, ударной волне), делаются заключения о возможных скоростях и направлениях распространения ударных волн (теорема Цемплена). Находится взаимосвязь параметров на скачке - адиабата Гюгонио. Приводятся примеры сверхзвукового движения различных объектов с образованием ударной волны.

### **2. Одномерное течение газа**

Раздел посвящен построению системы уравнений квазиодномерного движения политропного газа, интегралов движения для струйки тока, понятиям полных и статических значений параметров потока. Рассматриваются методы расчета течений газа в трубопроводах, особенности одномерных течений - распространение характеристик потока, постановки граничных условий.

#### **2.1 Установившееся движение газа. Интегралы движения**

Лекция посвящена построению системы уравнений квазиодномерного движения политропного газа, интегралов движения для струйки тока, понятиям полных, статических и критических значений параметров потока. Выводятся газодинамические функции: давления, плотности, температуры, приведенного расхода. Вводятся понятия числа Маха и коэффициента скорости, рассматривается их взаимосвязь. Доказывается и анализируется закон обращения воздействий, соотношение Гюгонио, особенности работы сопла Лавала и методов его расчета.

#### **2.2 Неустановившееся движение газа. Характеристики**

Рассматриваются особенности одномерного неустановившегося течения газа, законы распространения характеристик трех семейств и выполняющиеся на них соотношения между параметрами. Вводится

понятие инвариантов Римана, области влияния и области зависимости решения. Анализируются особенности постановки граничных условий в зависимости от режима течения. методы расчета неустановившихся одномерных течений.

### **2.3 Неустановившееся движение газа. Простые волны**

Рассматриваются простые волны разрежения и сжатия, центрированной волны сжатия, условия возникновения ударной волны, решаются соответствующие одномерные задачи.

### **2.4 Неустановившееся движение газа. Задача о распаде разрыва**

Решается классическая задача о распаде произвольного разрыва в безграничном политропном газе. Анализируются возможные конфигурации простых волн, выводятся соответствующие соотношения, метод решения. Рассматривается прикладное значение данной задачи - численная схема Годунова для решения трехмерных задач нестационарной газовой динамики.

## **3. Плоское установившееся движение газа**

В разделе рассматриваются особенности двумерных установившихся течений политропного газа, особенности течений возле поверхностей, метод характеристик для расчета плоских течений, методы расчета течений с ударными волнами.

### **3.1 Характеристики плоского безвихревого установившегося движения**

В лекции рассматриваются особенности плоского установившегося сверхзвукового течения газа - наличие характеристик трех семейств и условия на них. Приводится схема решения плоских течений при помощи анализа характеристик в плоскости годографа.

### **3.2 Применение характеристик для расчета плоских безвихревых сверхзвуковых течений**

Рассматривается метод характеристик решения плоских задач безвихревого сверхзвукового течения газа. Приводится алгоритм решения четырех типовых задач, на основе которых строится решение любых других.

### **3.3 Движение газа вне выпуклой и вогнутой поверхностей**

Рассматриваются особенности сверхзвукового безвихревого движения газа вблизи выпуклой (течение Прандтля-Майера) и вогнутой поверхностей, анализируются причины возникновения ударной волны на передней кромке обтекаемого тела.

### **3.4 Сильные разрывы в плоском установившемся движении**

Рассматриваются различные виды сильных разрывов и методы решения задач при плоском установившемся сверхзвуковом обтекании твердого тела потоком политропного газа. Анализируются закономерности изменения параметров газа на скачке уплотнения, даются методы расчета геометрии скачков уплотнения, разбираются причины перехода присоединенной ударной волны в отошедшую головную.

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Овсянников Л. В. Лекции по основам газовой динамики: учебное пособие / Л. В. Овсянников. - Москва: Наука, 1981. - 368. - Библиогр.: с. 364. - Предм. указ.: с. 365-368
2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов: В 10 т. Т. 6. Гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - Москва: Наука, 1986. - 736
3. Кочин Н. Е. Теоретическая гидромеханика. учебник для университетов Ч. 2 / Н. Е. Кочин, И. А. Кибель, Н. В. Розе ; ред. И. А. Кибель. - Москва: Физматгиз, 1963. - 727

### Дополнительная:

1. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика: учебник для вузов / Г. Н. Абрамович. - Москва: Наука, 1976. - 888.
2. Черный Г. Г. Газовая динамика: учебник для студентов вузов / Г. Г. Черный. - Москва: Наука, 1988, ISBN 5-02-013814-2. - 424. - Библиогр.: с. 418. - Указ. имен., предм.: с. 419-424
3. Стулов В. П. Лекции по газовой динамике: учеб. пособие / В. П. Стулов. - М.: Физматлит, 2004, ISBN 5-9221-0213-3. - 192. - Библиогр.: с. 190-191



## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://www.mathnet.ru> Общероссийский математический портал

<http://window.edu.ru> Единое окно доступа к образовательным ресурсам

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Газовая динамика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;

- офисный пакет приложений «LibreOffice», Alt Linux;

Специализированное программное обеспечение не требуется.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

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

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с

доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Газовая динамика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ПК.1**

**Способен решать профессиональные задачи, возникающие при проведении научных и прикладных исследований**

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
<p><b>ПК.1.1</b> Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p>	<p>В результате освоения дисциплины студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знать основные гипотезы, используемые в модели идеального совершенного газа с постоянной теплоемкостью, границы их применимости;</li> <li>- знать основные уравнения, описывающие движение газа;</li> <li>- знать об особенностях постановки граничных условий для задач с течением газа;</li> <li>- знать постановки классических задач газовой динамики;</li> <li>- уметь анализировать каждое из слагаемых в уравнениях газовой динамики;</li> <li>- уметь строить математические модели, описывающие течения идеального совершенного газа с постоянной теплоемкостью;</li> <li>- уметь приводить обоснование по использованию той или иной гипотезы;</li> <li>- владеть методами решения классических задач газовой динамики;</li> </ul>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Студент не знает постановки классических задач газовой динамики. Не может поставить и решить задачи, характерных для газовой динамики.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Студент знает постановки классических задач газовой динамики. Затрудняется при постановке и решении задач, характерных для газовой динамики, допускает неточности при использовании гипотез.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Студент знает постановки классических задач газовой динамики. Способен сформулировать и решать задачи, характерные для газовой динамики, но допускает неточности при использовании гипотез.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Студент знает постановки классических задач газовой динамики. Способен сформулировать и решать задачи, характерные для газовой динамики, может объяснить, какие гипотезы используются в том или ином случае.</p>
<p><b>ПК.1.2</b> Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении</p>	<p>В результате освоения дисциплины студент должен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знать основные числа подобия течений газа;</li> <li>- знать особенности дозвуковых и сверхзвуковых течений газа;</li> <li>- знать механизмы</li> </ul>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Студент не знает основные числа подобия течений газа и особенности дозвуковых и сверхзвуковых течений. Студент не способен решать задачи об истечении газа из сопла и образовании ударной волны.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
научных и прикладных исследований	<p>возникновения ударных волн и волн разрежения;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- знать методику решения задач об истечении газа из сопел;</li> <li>- уметь определять характерные параметры, описывающие анализируемую задачу;</li> <li>- уметь определять числа подобия для произвольной задачи механики газа;</li> <li>- уметь определять параметры задачи, при которых возможен переход течений через скорость звука, образование ударных волн и волн разрежений;</li> <li>- владеть методами решения простейших двумерных задач об образовании ударных волн;</li> <li>- владеть методами решения задач об истечении газа из сопел;</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Студент знает основные числа подобия течений газа и особенности дозвуковых и сверхзвуковых течений. Студент не способен решать задачи об истечении газа из сопла и образовании ударной волны.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Студент знает основные числа подобия течений газа и особенности дозвуковых и сверхзвуковых течений. Студент знает методику, но допускает ошибки при решении задачи об истечении газа из сопла и образовании ударной волны.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Студент знает основные числа подобия течений газа и особенности дозвуковых и сверхзвуковых течений. Студент способен решать задачи об истечении газа из сопла и образовании ударной волны.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.1.2</b> Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований <b>ПК.1.1</b> Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований	1.1 Термодинамические свойства газов и смесей <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание уравнения состояния газа, знание основных законов термодинамики, знание основных терминов термодинамики, знание основных термодинамических процессов и циклов
<b>ПК.1.2</b> Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований <b>ПК.1.1</b> Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований	1.2 Уравнения газовой динамики в интегральном и дифференциальном виде <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знание уравнений газовой динамики, умение проводить преобразования математических выражений, знание физического смысла выражений, входящих в уравнения и самих уравнений

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ПК.1.2</b> Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p> <p><b>ПК.1.1</b> Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p>	<p>1.4. Сильные разрывы. Ударные волны</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знание терминов и характеристик движения слабых и сильных разрывов, знание основных соотношений для слабого и сильного разрывов</p>
<p><b>ПК.1.2</b> Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p> <p><b>ПК.1.1</b> Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p>	<p>2.1 Установившееся движение газа. Интегралы движения</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знание интегралов движения газа, основных терминов; знание основных соотношений для одномерных течений газа; знание физического смысла основных соотношений; умение решать задачи для одномерного течения газа</p>
<p><b>ПК.1.2</b> Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p> <p><b>ПК.1.1</b> Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p>	<p>2.2 Неустановившееся движение газа. Характеристики</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знание основных терминов, связанных с характеристиками одномерного течения газа; знание основных свойств характеристик и особенностей постановки граничных условий; умение решать задачи для одномерного течения газа с помощью метода характеристик</p>
<p><b>ПК.1.2</b> Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p> <p><b>ПК.1.1</b> Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p>	<p>2.4 Неустановившееся движение газа. Задача о распаде разрыва</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знание основных терминов, связанных с движением простых волн в газе; знание основных соотношений на простых волнах в газе; умение определять возникающие конфигурации простых волн и определять качественно распределение основных параметров газа в простых волнах</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Мероприятие текущего контроля</b>	<b>Контролируемые элементы результатов обучения</b>
<p><b>ПК.1.2</b> Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p> <p><b>ПК.1.1</b> Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p>	<p>3.1 Характеристики плоского безвихревого установившегося движения</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знание основных терминов, связанных с характеристиками в двумерном течении газа; знание основных соотношений для характеристик в двумерном течении газа; умение определять параметры газа с помощью характеристик в плоскости годографа</p>
<p><b>ПК.1.2</b> Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p> <p><b>ПК.1.1</b> Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p>	<p>3.3 Движение газа вне выпуклой и вогнутой поверхностей</p> <p><b>Письменное контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знание основных соотношений для сверхзвуковых течений газа вдоль поверхностей; умение определять параметры газа с помощью характеристик в плоскости годографа</p>
<p><b>ПК.1.2</b> Решает профессиональные задачи, предполагающие многообразие выбора, при проведении научных и прикладных исследований</p> <p><b>ПК.1.1</b> Математически корректно формулирует проблемы научных и прикладных исследований</p>	<p>3.4 Сильные разрывы в плоском установившемся движении</p> <p><b>Итоговое контрольное мероприятие</b></p>	<p>Знание основных термины и уравнений газовой динамики; знание особенностей установившихся и неустановившихся одномерных и плоских течений газа, дозвукового и сверхзвукового режимов течения; умение корректно ставить задачи газовой динамики; владение методами решения задач газовой динамики</p>

### **Спецификация мероприятий текущего контроля**

#### **1.1 Термодинамические свойства газов и смесей**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **5**

Проходной балл: **2.1**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Знание основных терминов термодинамики	2
Знание основных термодинамических процессов и циклов	1
Знание уравнения состояния газа	1
Знание основных теорем термодинамики	1

## 1.2 Уравнения газовой динамики в интегральном и дифференциальном виде

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **5**

Проходной балл: **2.1**

Показатели оценивания	Баллы
Умение проводить преобразования математических выражений	2
Знание физического смысла выражений, входящих в уравнения и самих уравнений	2
Знание уравнений газовой динамики	1

## 1.4. Сильные разрывы. Ударные волны

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **5**

Проходной балл: **2.1**

Показатели оценивания	Баллы
Знание терминов и характеристик движения слабых и сильных разрывов	3
Знание основных соотношений для слабого и сильного разрывов	2

## 2.1 Установившееся движение газа. Интегралы движения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **8.5**

Показатели оценивания	Баллы
Умение решать задачи для одномерного течения газа	10
Знание интегралов движения газа, основных терминов	4
Знание физического смысла основных соотношений	4
Знание основных соотношений для одномерных течений газа	2

## 2.2 Неустановившееся движение газа. Характеристики

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **5**

Проходной балл: **2.1**

Показатели оценивания	Баллы
Знание основных терминов, связанных с характеристиками одномерного течения газа	3
Умение решать задачи для одномерного течения газа с помощью метода характеристик	1
Знание основных свойств характеристик и особенностей постановки граничных условий	1

## 2.4 Неустановившееся движение газа. Задача о распаде разрыва



Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **5**  
 Проходной балл: **2.1**

Показатели оценивания	Баллы
Знание основных терминов, связанных с движением простых волн в газе	2
Знание основных соотношений на простых волнах в газе	2
Умение определять возникающие конфигурации простых волн и определять качественно распределение основных параметров газа в простых волнах	1

### 3.1 Характеристики плоского безвихревого установившегося движения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **5**  
 Проходной балл: **2.1**

Показатели оценивания	Баллы
Знание основных терминов, связанных с характеристиками в двумерном течении газа	2
Знание основных соотношений для характеристик в двумерном течении газа	2
Умение определять параметры газа с помощью характеристик в плоскости годографа	1

### 3.3 Движение газа вне выпуклой и вогнутой поверхностей

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **10**  
 Проходной балл: **5**

Показатели оценивания	Баллы
Знание основных соотношений для сверхзвуковых течений газа вдоль поверхностей	6
Умение определять параметры газа с помощью характеристик в плоскости годографа	4

### 3.4 Сильные разрывы в плоском установившемся движении

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**  
 Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**  
 Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**  
 Проходной балл: **17**

Показатели оценивания	Баллы
Владение методами решения задач газовой динамики	15
Знание основных термины и уравнений газовой динамики	10
Знание особенностей установившихся и неустановившихся одномерных и плоских течений газа, дозвукового и сверхзвукового режимов течения	10

Умение корректно ставить задачи газовой динамики	5