

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Инженерный институт



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
Семинар по газодинамике Б1.В.ДВ.10

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Ларионов В.М.

**Рецензент(ы):**

Зарипов Р.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

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

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

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

Регистрационный No 69217

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) профессор, д.н. (доцент) Ларионов В.М. кафедра технической физики и энергетики Инженерный институт, Victor.Larionov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Формирование у студентов знаний и навыков, относящихся к специальным разделам газодинамики, в частности к движению газа со сверхзвуковой гиперзвуковой скоростью.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.10 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 16.03.01 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7, 8 семестры.

Семинар по газодинамике Б2 ДВ1 является дополнением к основной дисциплине "механика жидкости, газа и плазмы" Б3 В1, входит в цикл Б2 подготовки бакалавров по направлению 223200 "техническая физика" и является обязательным для студентов профиля "теплофизика"

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	способностью работать в коллективе, толерантно воспринимать социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия
ОК-7 (общекультурные компетенции)	способностью к самоорганизации и самообразованию
ОПК-7 (профессиональные компетенции)	способностью демонстрировать знание иностранного языка на уровне, позволяющем работать с научно-технической литературой и участвовать в международном сотрудничестве в сфере профессиональной деятельности
ПК-1 (профессиональные компетенции)	готовностью к участию в исследованиях инновационных принципов создания физико-технических объектов
ПК-5 (профессиональные компетенции)	готовностью изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

уравнения движения сжимаемого газа и методы их решения;  
характер и картину течения газа с дозвуковой, сверхзвуковой и гиперзвуковой скоростью, при обтекании твердых тел.

2. должен уметь:

применять методы газодинамики к решению практических задач;  
выполнять расчеты параметров течения сжимаемого газа;  
прогнозировать переход от дозвукового к сверхзвуковому течению и обратно.

3. должен владеть:

математическим аппаратом газовой динамики;  
 навыками проведения расчетов течений в технических, газодинамических устройствах;  
 4. должен демонстрировать способность и готовность:  
 проводить теоретическое исследование процессов движения сжимаемого газа с высокой скоростью;  
 выполнять физико-технические расчеты газодинамических процессов в промышленных установках.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).  
 Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 7 семестре; зачет в 8 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. Одномерное движение сжимаемого газа.	7	1-8	0	10	0	Реферат
2.	Тема 2. Основы теории турбулентных струй.	7	9-14	0	12	0	Реферат
3.	Тема 3. Течение сжимаемого газа при обтекании тел.	7	9, 10, 11	0	10	0	Реферат
4.	Тема 4. Газовые эжекторы, принципы действия, методики расчета.	8	12-16	0	10	0	Реферат
5.	Тема 5. Скачки уплотнения.	8	15-18	0	12	0	Реферат
6.	Тема 6. Понятие и основные свойства гиперзвукового течения газа.	8	17, 18	0	10	0	Реферат
.	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			0	64	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

## **Тема 1. Одномерное движение сжимаемого газа.**

### ***практическое занятие (10 часа(ов)):***

Ускорение потока, сопло Лавалю. Движение газа с подводом теплоты, кризис сопротивления. Условия перехода от дозвукового к сверхзвуковому течению и обратно.

## **Тема 2. Основы теории турбулентных струй.**

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

В приближении бесконечно быстрой (мгновенной) скорости реакций, продолжая разработку идей описания химических реакций в турбулентных струях, рассмотрена задача горения турбулентной струи газообразного реагента (топлива), распространяющейся в окружающей среде другого реагента (окислителя ? воздуха). Оценки гидродинамических и реакционных параметров получены на основе представлений о турбулентной среде как совокупности независимых турбулентных вихрей, при случайных столкновениях которых происходит обмен реагентами и химическая реакция. Особенностью данной задачи явилось то, что реакционные объемы реагентов в отличие от упомянутой работы, в которой они совпадали с физическими объемами реагентов, теперь сами оказались в роли своеобразных реагентов реакционного процесса, для описания взаимодействия которых так же, как и для веществ реагирующих молекул, возникла естественная необходимость введения понятия эффективной скорости реакции. Было получено соответствующее уравнение баланса реакционных объемов, замкнувшего систему интегральных уравнений баланса, описывающих все необходимые свойства быстрых химических реакций в условиях турбулентного смешения реагирующих веществ. В теории отсутствуют какие-либо эмпирические или полуэмпирические корреляции, но имеется одна универсальная константа, которая вошла в качестве множителя в некоторую комбинацию независимых параметров, имеющей смысл параметра интенсивности турбулентного смешения реагентов. Поэтому указанную константу можно рассматривать в качестве единицы масштаба измерения данного параметра и таким образом при проведении оценок и расчетов полностью исключить ее из соотношений предлагаемой теории. Проведен качественный анализ предельных вариантов процесса, даны количественные расчеты конкретных реакций.

## **Тема 3. Течение сжимаемого газа при обтекании тел.**

### ***практическое занятие (10 часа(ов)):***

Газовые струи, двухфазные течения, турбулентные газовые струи, коэффициент сжатия струи, скорости, расхода, поверхностное натяжение, поверхностное натяжение при соприкосновении многих сред, двухфазные системы, взаимодействие струи жидкости со стенкой, разрушение струи жидкости, движение капли, разрушение капли жидкости в потоке газа, испарение капли жидкости, уравнение движения факела распыленной жидкости. Математическое моделирование течений жидкости и газа, элементы вычислительной газовой динамики, дискретизация уравнений в частных производных, явная и неявная дискретизация, согласованность, сходимости и устойчивость, критерий Куранта, методы решения уравнений газовой динамики, начальные и граничные условия. Экспериментальная газодинамика, задачи и методы проведения газодинамических экспериментов, определение параметров потока, методы и приборы измерения давления, измерение скорости потока и расхода газа, лазерно-доплеровские анемометры, измерение температуры, визуальные методы, установки для экспериментальных исследований, аэродинамические и ударные трубы.

## **Тема 4. Газовые эжекторы, принципы действия, методики расчета.**

### ***практическое занятие (10 часа(ов)):***

Проведен критический обзор предшествующих работ по газовым эжекторам. Разработаны теории и методики расчета газовых эжекторов с цилиндрическими и изобарическими камерами смешения, опирающиеся на новые подходы к оптимизации режимно-геометрических параметров эжектора. Расчетным путем показано, что отношение статических давлений в смешиваемых газах на выходе из сопел эжектора весьма близко к единице для широкого диапазона изменения параметров эжектора. Изучены особенности течения газов в проточной части эжектора. Дано сравнение эффективности работы эжекторов с цилиндрической и изобарической камерами смешения. Разработана теория оптимизации многоступенчатого эжектора с наиболее выгодным распределением высоконапорного газа между ступенями газовых эжекторов. Рассмотрен жидкостный эжектор, сходный по схеме с газовым эжектором, имеющим изобарическую камеру смешения.

#### **Тема 5. Скачки уплотнения.**

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

Анализ изменения параметров газа в прямом скачке, параметров потока при прохождении косоугольного скачка. Изучение законов сохранения массы, полной энергии и полного импульса в проекции. Обзор взаимодействия сверхзвукового потока с ограничивающими поверхностями.

#### **Тема 6. Понятие и основные свойства гиперзвукового течения газа.**

##### **практическое занятие (10 часа(ов)):**

В рамках классической постановки задачи исследовано обтекание острых эллиптических конусов в широком диапазоне определяющих параметров и показано их влияние на структуру поля течения и поведение местных и суммарных аэродинамических характеристик. При наличии вязко-невязкого взаимодействия рассмотрено обтекание тонких треугольных крыльев при нулевом и малых углах атаки. Установлены особенности развития течения в пространственном ламинарном пограничном слое и поведение аэродинамических характеристик треугольных крыльев в зависимости от определяющих параметров. Проанализированы некоторые аспекты трехмерных отрывных течений. Кратко изложены методы численного анализа уравнений пограничного слоя при отсутствии и наличии вязко-невязкого взаимодействия.

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

<b>№</b>	<b>Раздел Дисциплины</b>	<b>Семестр</b>	<b>Неделя семестра</b>	<b>Виды самостоятельной работы студентов</b>	<b>Трудоемкость (в часах)</b>	<b>Формы контроля самостоятельной работы</b>
1.	Тема 1. Одномерное движение сжимаемого газа.	7	1-8	подготовка к реферату	6	реферат
2.	Тема 2. Основы теории турбулентных струй.	7	9-14	подготовка к реферату	8	реферат
3.	Тема 3. Течение сжимаемого газа при обтекании тел.	7	9, 10, 11	подготовка к реферату	8	реферат
4.	Тема 4. Газовые эжекторы, принципы действия, методики расчета.	8	12-16	подготовка к реферату	8	реферат
5.	Тема 5. Скачки уплотнения.	8	15-18	подготовка к реферату	8	реферат
6.	Тема 6. Понятие и основные свойства гиперзвукового течения газа.	8	17, 18	подготовка к реферату	6	реферат
	<b>Итого</b>				<b>44</b>	



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

Используются следующие формы учебной работы: семинарские занятия, самостоятельная работа студента (выполнение индивидуальных домашних заданий), консультации.

Список контрольных вопросов, задания для практических занятий и самостоятельной работы, а также методические материалы в форме ЭОР размещены в интернете на сайте Института Физики.

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

### **Тема 1. Одномерное движение сжимаемого газа.**

реферат , примерные темы:

Схемы одномерных фильтрационных потоков жидкости и газа, расчёт их основных характеристик. Одномерное установившееся движение газов по линейному закону. Установившиеся безнапорные течения.

### **Тема 2. Основы теории турбулентных струй.**

реферат , примерные темы:

Течения жидких и газообразных сред двух типов. Что такое вихревая аэродинамика? Примеры когерентных вихревых структур. Задача об отрывном обтекании пластины, поставленной перпендикулярно набегающему потоку. Истечении струи из круглого сопла.

### **Тема 3. Течение сжимаемого газа при обтекании тел.**

реферат , примерные темы:

Нестационарная нелинейная задача о произвольном движении тела вращения в сжимаемом газе. Суммы запаздывающих потенциалов диполей, распределенных по поверхности тела, и сходящей с его задней кромки вихревой пелене, и источников, распределенных вне тела.

### **Тема 4. Газовые эжекторы, принципы действия, методики расчета.**

реферат , примерные темы:

Обработка и верификация расчетной модели эжектора с шевронами на основе экспериментально полученных данных. Исследование характеристик смешения. Особенности построения сетки при расчете эжектора с шевронами. Анализ визуализации полученных результатов.

### **Тема 5. Скачки уплотнения.**

реферат , примерные темы:

Анализ изменения параметров газа в прямом скачке, параметров потока при прохождении косога скачка. Изучение законов сохранения массы, полной энергии и полного импульса в проекции. Обзор взаимодействия сверхзвукового потока с ограничивающими поверхностями.

### **Тема 6. Понятие и основные свойства гиперзвукового течения газа.**

реферат , примерные темы:

Рассматривается внешняя задача стационарного обтекания тел невязким газом с большой сверхзвуковой скоростью. Основное внимание уделяется аналитическим методам исследования и двумерным задачам с плоской или осевой симметрией.

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

Примерные вопросы к зачету:

1. Газодинамика двухфазных сред.
2. Процессы расширения влажного пара в трубе.
3. Схема и геометрические параметры ступени осевой турбины.
4. Уравнение неразрывности двухфазного потока.





Освоение дисциплины "Семинар по газодинамике" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. 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, УМК, 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 профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. 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 студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

Требуется специализированная лаборатория для обеспечения лабораторного практикума

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки не предусмотрено.

Автор(ы):

Ларионов В.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Зарипов Р.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.