

Министерство образования и науки Российской Федерации  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича  
 и Николая Григорьевича Столетовых»  
 (ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Проректор

по учебно-методической работе

А.А.Панфилов

« 12 » ноября 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Газовая динамика»**

Направление подготовки -13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль подготовки – « Двигатели внутреннего сгорания»

Уровень высшего образования – бакалавриат

Форма обучения - очная

Семестр	Трудоемкость зач. ед.час	Лекции, час.	Лаб. занятий, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз/зачет)
5	4/144	36	18	90	Зачет
Итого	4/144	36	18	90	Зачет

Владимир 2015

*Handwritten signature*

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями дисциплины «Газовая динамика» являются:

- изучение основных законов движения сжимаемой сплошной среды;
- изучение факторов, определяющих эффективность передачи и преобразования энергии в движущейся среде;
- формирование навыков анализа газодинамических процессов происходящих в машинах и аппаратах, их агрегатах и узлах, в окружающей среде;
- изучение экспериментальных и аналитических методов исследования процессов в потоках газов.

**Задачи дисциплины:**

- формирование у студентов навыков использования основных закономерностей движения газов, методик анализа внутренних и внешних течений, методов исследования движения многофазных (жидкость/газ) сред;
- получение знаний и практических навыков проведения численных и физических экспериментов при исследовании течений газов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Газовая динамика» относится к вариативной части блока Б1 структуры программы бакалавриата.

Для успешного изучения курса студенты должны быть знакомы с основными положениями высшей математики (дифференциальное и интегральное исчисление), физики (молекулярно-кинетическая теория) и химии, термодинамики, теории тепломассообмена, механики жидкости.

Дисциплина «Газовая динамика» дает базовые знания для успешного изучения целого ряда естественнонаучных и узкоспециальных дисциплин. Она дает студентам представление о законах движения сжимаемой сплошной среды и особенностях внутренних и внешних течений газов. Позволяет научиться оперировать безразмерными и размерными характеристиками газовых потоков, проводить исследование газодинамических процессов, оценивать их параметры.

Знания о строении вещества, полученные при изучении физики и химии, позволяют студентам составить целостную, непротиворечивую картину физических процессов и явлений, происходящих в движущейся сжимаемой сплошной среде.

Знания, полученные в курсе высшей математики позволяют существенно облегчить изучение математического аппарата, лежащего в основе описания газодинамических процессов.

Понятия о параметрах состояния рабочего тела, их взаимосвязи, о фундаментальных законах термодинамики позволяют проводить анализ изменения состояния движущегося газа.

Знания о способах передачи теплоты, полученные в процессе изучения теории теплообмена, позволяют оценить изменение локального энергетического баланса в потоке движущегося газа.

Дисциплина «Газовая динамика» является важной составной частью процесса подготовки современного специалиста, владеющего перспективными методами разработки и исследования теплоэнергетических установок, способного к инновационной деятельности в условиях высокотехнологичной, модернизационной технологической и научной среды.

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- Способность принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения (ПК-3);
- Способность участвовать в расчетных и экспериментальных исследованиях, проводить обработку и анализ результатов (ПК-5);
- Способностью и готовностью к обслуживанию технологического оборудования (ПК-7).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:** основные закономерности техногенного воздействия на окружающую среду, основы теории надежности, устройство, принцип действия, кинематику и динамику поршневых двигателей внутреннего сгорания, области применения энергетических машин и механизмов, основные понятия и положения фундаментальных наук, которые будут использоваться в профессиональной деятельности, содержание и этапы обслуживания технологического оборудования на предприятии;

**уметь:** использовать для решения прикладных задач основные физические и химические законы и понятия, выбирать технические средства и технологии проведения эксперимента в заданных условиях, определять требуемые параметры в заданных условиях;

**владеть:** простейшими методиками расчета основных элементов энергетического оборудования, деталей и узлов их, приемами выбора критериев по оценке оптимальности результатов исследований, методами обслуживания технологического оборудования.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

##### «Газовая динамика»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часов, 5 семестр.

##### 4.1. Общеобразовательные модули дисциплины

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)						Объем учебной работы, с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР			
1	Предмет газовой динамики. Основные свойства газов	5	1	2					4		1/50	
2	Кинематика сжимаемой жидкости (газа)	5	2-4	6					12		2/33	
3	Динамика сжимаемой жидкости	5	5-7	6		2			12		3/50	Рейтинг-контроль №1
4	Специальный вид уравнений гидрогазодинамики	5	8-9	4					12		1/25	
5	Газовые струи. Двухфазные течения.	5	10-12	6		2			10		2/33	Рейтинг-контроль №2
6	Математическое моделирование течений жидкости и газа	5	13-14	4		2			15		1/25	
7	Экспериментальная гидрогазодинамика	5	15-16	4		8			10		1/25	
8	Газовая динамика поршневых и газотурбинных двигателей	5	17-18	4		4			15		2/50	Рейтинг-контроль №3
<b>Итого за курс</b>				<b>36</b>		<b>18</b>			<b>90</b>		<b>13/24</b>	<b>зачет</b>

#### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ

С целью формирования и развития профессиональных навыков у студентов при проведении лекций и лабораторных занятий, а также при руководстве самостоятельной работой применяются следующие образовательные технологии.

При проведении лекций и лабораторных занятий, консультаций используются различные образовательные технологии, например, модульное обучение, при котором по отдельным разделам курса (модулям) рассказывается, что необходимо изучить, цели и задачи изучения, как будет организована проверка изучаемого в модуле материала, где студенты должны использовать полученные знания при выполнении курсовой или дипломной работы, а также при изучении новых специальных дисциплин. При проведении лабораторных работ используются как натурные стенды, предназначенные для физического моделирования тер-

модинамических процессов и явлений, так и интерактивные компьютерные технологии. При этом соблюдается постоянная обратная связь преподавателя и студента. Например, выборочно задается студентам вопрос по некоторым изучаемым темам и студенты дают свои варианты ответов. В этом случае обеспечивается активная роль студентов на занятиях, так как отвечать на вопросы может каждый.

Занятия проводятся с использованием компьютерных технологий. Студентам выдается раздаточный материал (сложные схемы, чертежи и т.д.) с целью уменьшения затрат времени на оформление студентами чертежей и рисунков.

Информационные технологии (информационно-коммуникативные технологии) позволяют:

- сделать обучение более эффективным, вовлекая все виды чувственного восприятия студента с помощью мультимедийных функций компьютерных устройств;
- обучать студентов всех категорий независимо от уровня подготовки;
- обучать всех равноценно, независимо от места проживания.

Усвоение студентами знаний, добытых в ходе активного поиска и самостоятельного решения проблем более прочные, чем при традиционном обучении. Кроме того, при таком обучении происходит воспитание активной, творческой личности студента, умеющего видеть и решать нестандартные профессиональные проблемы

Активно используются информационно-коммуникационные технологии – взаимный обмен электронного портфолио преподавателя и студента, что позволяет студенту использовать материалы из портфолио преподавателя, а преподавателю – лучшие работы студентов. Для этого широко используются интернет-ресурсы. Таким образом, создается единая образовательная среда, которая обеспечивает эффективное взаимодействие преподавателей и студентов.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В процессе изучения дисциплины используют различные методы контроля. На занятиях проводится перекрестный опрос студентов с целью выяснения, как они усвоили предыдущий материал. Если требуется дополнительное изложение, то для этого используются часы консультаций.

Проводится рейтинг-контроль, который включает контроль самостоятельной работы студентов по освоению материала, прочитанного на лекциях и изученного на лабораторных занятиях.

Проверка выполненной самостоятельной работы студентов проводится как на лекционных, так и на лабораторных занятиях.

### **6.1. Задания на рейтинг-контроль**

#### **1-й рейтинг-контроль**

1. Отличие газов и жидкостей от твердых тел.
2. Различие между газами и жидкостями.
3. Параметры течения жидкости или газа.
4. Идеальный газ.
5. Реальный газ и его отличие от идеального.
6. Флуктуации газодинамических параметров.
7. Гипотеза сплошности.
8. Свойства газов.
9. Динамическая вязкость.
10. Теплопередача в газах. Закон Фурье.
11. Кинематическая вязкость.
12. Тепловая диффузия.
13. Поле течения.
14. Представление Эйлера.
15. Представление Лагранжа.
16. Стационарное и нестационарное течение.
17. Линия тока.

18. Трубка тока.
19. Линия отмеченных частиц.
20. Переход от трехмерного поля течения к двух- и одномерному.
21. Сжимаемость. Аналитическое выражение условия сжимаемости.
22. Первое условие сжимаемости. Скорость звука. Число Маха.
23. Второе условие сжимаемости.
24. Третье условие сжимаемости.
25. Баротропное и бароклинное течение.
26. Силы, действующие на элементарный объем жидкости.
27. Нормальные и касательные напряжения.
28. Уравнение неразрывности в векторной форме.
29. Уравнение неразрывности в декартовых координатах.
30. Дилатация. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости.

### **2-й рейтинг-контроль**

1. Уравнение второго закона Ньютона для движения жидкой частицы.
2. Система уравнений Эйлера.
4. Уравнения Эйлера в декартовой системе координат.
3. Тензор вязких напряжений.
4. Система уравнений Навье-Стокса.
5. Интегральное уравнение энергии.
6. Уравнение полной энергии в дифференциальной форме.
7. Уравнение изменения механической энергии.
8. Уравнение изменения тепловой энергии.
9. Уравнение энергии в декартовой системе координат.
10. Связь энтальпии и внутренней энергии с температурой.
11. Понятие турбулентности.
12. Уравнение турбулентной кинетической энергии.
13. Уравнение скорости диссипации турбулентной кинетической энергии.
14.  $k$ - модель турбулентности.
15. Турбулентная вихревая вязкость.
16. Понятие пограничного слоя.
17. Ламинарный пограничный слой.
18. Коэффициент поверхностного трения.
19. Толщина вытеснения.
20. Турбулентный пограничный слой.
21. Длина перемешивания.
22. Дополнительная турбулентная вязкость.
23. Отрыв пограничного слоя для случая невязкой жидкости.
24. Отрыв ламинарного пограничного слоя.
25. Отрыв турбулентного пограничного слоя.

### **3-й рейтинг-контроль**

1. Дискретизация дифференциальных уравнений в частных производных.
2. Разложение в ряд Тейлора.
3. Ошибка конечно-разностной аппроксимации.
4. Конечно-разностные аппроксимации производных первого порядка.
5. Конечно-разностные аппроксимации производных второго порядка.
6. Метод конечных разностей.
7. Сходимость.
8. Устойчивость.
9. Согласованность.
10. Условие Куранта.
11. Постановка граничных и начальных условий.
12. Методы измерения давления.
13. Полное, статическое и динамическое давление.

14. Избыточное давление и разрежение.
15. Жидкостный манометр.
16. Микроманометр.
17. Двухжидкостный одноменисковый манометр.
18. Двухжидкостный двухменисковый манометр.
19. Аэродинамические и ударные трубы.
20. Методы измерения расхода газа.
21. Мерная диафрагма и принцип ее работы.
22. Термоанемометры.
23. Ионизационные анемометры.
24. Лазерно-доплеровская анемометрия.
25. Основы томографического метода исследования потоков.

## **6.2. Вопросы к зачету**

1. Линии тока, линии отмеченных частиц и траектории.
2. Система уравнений Эйлера.
3. Система уравнений Навье-Стокса.
4. Турбулентность. Модели турбулентности.
5. Пограничный слой. Отрыв пограничного слоя.
6. Укороченные уравнения Навье-Стокса.
7. Газовые струи.
8. Двухфазные течения.
9. Дискретизация уравнений в частных производных. Явная и неявная схемы.
10. Методы и приборы измерения давления.
11. Измерение скорости потока и расхода газа.
12. Лазерно-доплеровские анемометры.
13. Измерение температуры движущегося газа.
14. аэродинамические и ударные трубы.
15. Течение газа во впускном и выпускном трубопроводах двигателя внутреннего сгорания.
16. Особенности течения газа в камере сгорания двигателя внутреннего сгорания.
17. Обтекание решетки профилей.
18. Экспериментальные установки и особенности проведения газодинамического эксперимента в тепловых двигателях.

## **6.3 Самостоятельная работа студентов**

СРС заключается в проработке учебной и научной литературы по теме занятий, поиске и обработке, по согласованию с научным руководителем, информации необходимой в подготовке экспериментальной части выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации). Написании, по обработанному таким образом самостоятельно материалу, рефератов, подготовке и проведению докладов. Тематика СРС выбирается индивидуально для каждого студента.

### **Вопросы к самостоятельной работе студента**

1. Флуктуации газодинамических параметров.
2. Динамическая вязкость.
3. Представление Эйлера.
4. Линия отмеченных частиц.
5. Третье условие сжимаемости.
6. Нормальные и касательные напряжения.
7. Дилатация. Уравнение неразрывности для несжимаемой жидкости.
8. Линия тока.
9. Различие между газами и жидкостями.
10. Идеальный газ.
11. Условие Куранта.
12. Ошибка конечно-разностной аппроксимации.
13. Конечно-разностные аппроксимации производных первого порядка.
14. Конечно-разностные аппроксимации производных второго порядка.

15. Жидкостный манометр.
16. Микроманометр.
17. Аэродинамические и ударные трубы.
18. Методы измерения расхода газа.
19. Мерная диафрагма и принцип
20. Ионизационные анемометры.
21. Уравнения Эйлера в декартовой системе координат.
22. Тензор вязких напряжений.
23. Система уравнений Навье-Стокса.
24. Уравнение полной энергии в дифференциальной форме.
25. Уравнение изменения механической энергии.
26. Уравнение изменения тепловой энергии.
27.  $k$ -модель турбулентности.
28. Турбулентная вихревая вязкость.
29. Понятие пограничного слоя.
30. Длина перемешивания.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **а) Основная литература**

1. Основы гидравлики [Электронный ресурс]: учебник для вузов / С.Ш. Сайриддинов. - М.: Издательство АСВ, 2014.
2. Основы прикладной газовой динамики [Электронный ресурс] : Учебное пособие / В. П. Строгалев, И. О. Толкачева, Н. В. Быков. - М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014.
3. Методы вычислительной гидродинамики в расчетах движения жидкости в системах со сложной топологией: учебное пособие С. М. Аракелян [и др.]; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2015. – 99 с. – ISBN 978--9984-0589-1.


### **б) Дополнительная литература**

2. Гидростатика. Гидродинамика вязкой жидкости. Практикум с методическими указаниями и решениями [Электронный ресурс]: учебное пособие / Зуева Е.Ю. - М. : Издательский дом МЭИ, 2012.
3. Гидравлика [Электронный ресурс]: Учеб. Пособие/ В.А. Кудинов, Э.М. Карташов.-М.: Арбис, 2012.

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «ГАЗОВАЯ ДИНАМИКА»**

На кафедре имеется оснащенная лаборатория газовой динамики для выполнения лабораторных работ.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта ВО по направлению 13.03.03 «Энергетическое машиностроение», утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1083 от 01. 10. 2015 года, применительно к учебному плану направления 13.03.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень высшего образования бакалавриат), утвержденному ректором ВлГУ 03.11.2015 г.

Рабочую программу составил доцент кафедры ТД и ЭУ, к.т.н.  С.А. Журавлев

Рецензент: главный специалист ООО "ЗИП "КТЗ", д.т.н.  А.Р. Кульчицкий

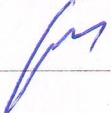
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТД и ЭУ

Протокол № 9 от 10.11.2015 года

Заведующий кафедрой  В.Ф. Гуськов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.03 "Энергетическое машиностроение"

Протокол № 6 от 11.11.2015 года

Председатель комиссии  В.Ф. Гуськов