

## **РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ**

### **при изучении дисциплины «Газовая динамика»**

Самостоятельная работа студентов по изучению дисциплины «Газовая динамика» включает следующие виды работ:

- изучение материала, вынесенного на лекции;
- изучение материала, вынесенного на лабораторные занятия;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение;
- подготовка к зачету.

Студенты дневной формы обучения изучают дисциплину «Газовая динамика» на лекциях и лабораторных занятиях, а также самостоятельно.

Одним из видов самостоятельной практической работы, на которой происходит углубление и закрепление теоретических знаний студентов в интересах их профессиональной подготовки, являются краткий опрос на лекции по пройденной теме, практические занятия и самостоятельная работа.

Данные работы имеют цели:

- углубить и закрепить знание теоретического курса;
- приобрести навыки в анализе результата расчетов и составлении отчетов по ним;
- приобрести первичные навыки организации, планирования и проведения научных исследовательских работ.

Таким образом, самостоятельная работа предназначена не только для овладения каждой дисциплиной, но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа предусматривает в изучении содержания следующих тем курса «Газовая динамика» по рекомендуемым учебным пособиям, учебникам и дополнительной литературе (перечень приводится в конце рекомендаций), подготовке к лабораторным занятиям, к рубежным контролям, к зачету.

### **Самостоятельная работа**

**Тема 1.** Предмет газовой динамики. Основные свойства газов.

Цель изучения темы – ознакомиться с историей развития науки «Газовая динамика», изучить основные понятия, используемые при изучении дисциплины.

При подготовке к изучению этой темы студент должен иметь полные представления о единицах измерения и физических величинах из курса физики.

Данная тема достаточно хорошо проработана и изложена в литературе – в учебниках, учебных пособиях и справочных материалах.

При изучении темы рекомендуется использовать учебные пособия [3, 5].

Для лучшего усвоения материала рекомендуется изучить следующие вопросы:

1. Предмет изучения дисциплины «Газовая динамика».
2. История развития дисциплины «Газовая динамика», ученые, внесшие наибольший вклад в развитие науки.
3. Отличие газов и жидкостей от твердых тел.
4. Различие между газами и жидкостями.
5. Свойства газов.
6. Параметры течения жидкости или газа.
7. Идеальный газ.
8. Реальный газ и его отличие от идеального.
9. Гипотеза сплошности.
10. Сжимаемость. Число Маха.

## **Тема 2.** Кинематика сжимаемой жидкости (газа).

Цель изучения темы – усвоить способы задания движения сплошной среды и усвоить понятия, используемые для его описания.

При изучении данной темы рекомендуется пользоваться пособиями [3, 5].

Для лучшего усвоения материала рекомендуется изучить следующие вопросы:

1. Флуктуации газодинамических параметров.
2. Тепловая диффузия.
3. Поле течения.
4. Представление Эйлера.
5. Представление Лагранжа.
6. Стационарное и нестационарное течение.
7. Линия тока.
8. Трубка тока.
9. Линия отмеченных частиц.
10. Уравнение неразрывности несжимаемой и сжимаемой жидкости.

### **Тема 3. Динамика сжимаемой жидкости.**

Цель изучения темы – усвоить закономерности движения жидкости под действием на нее объемных и поверхностных сил.

При подготовке к изучению темы студент должен знать элементы теории поля, а также элементы механики твердого тела.

При изучении данной темы рекомендуется пользоваться пособиями [3, 7, 8, 11].

Для лучшего усвоения материала рекомендуется изучить следующие вопросы:

1. Теорема Бернулли для сжимаемой жидкости.
2. Уравнение движения сжимаемой жидкости в представлении Лагранжа и Эйлера.
3. Система уравнений Навье-Стокса.
4. Уравнение Энергии.
5. Турбулентность. Модели турбулентности.
6. Ротор вектора скорости и циркуляция вектора скорости.
7. Пограничный слой.
8. Ламинарный и турбулентный пограничный слой.
9. Отрыв пограничного слоя.

### **Тема 4. Специальный вид уравнений гидрогазодинамики.**

Цель изучения темы – усвоить укороченные уравнения Навье-Стокса, а также ознакомиться с внутренними и внешними течениями.

При изучении данной темы рекомендуется пользоваться пособиями [3, 5].

Для лучшего усвоения материала рекомендуется изучить следующие вопросы:

1. Укороченные уравнения Навье-Стокса.
2. Внутренние течения.
3. Течение в прямом искривленном канале прямоугольного сечения.
4. Внешние течения.
5. Потенциальное и вихревое течение.
6. Ротор скорости и функция тока.
7. Уравнение переноса вихрей.
8. След Кармана.
9. Ударные волны.
10. Одномерное течение несжимаемой жидкости.

### **Тема 5. Газовые струи. Двухфазные течения.**

Цель изучения темы – усвоить понятие струи и его математического описания, источники потерь энергии при истечении струи, особенности взаимодействия струи жидкости с потоком газа и твердой стенкой.

При изучении данной темы рекомендуется пользоваться пособиями [2, 5, 6].

Для лучшего усвоения материала рекомендуется изучить следующие вопросы:

1. Газовые струи.
2. Турбулентные газовые струи.
3. Коэффициенты сжатия струи, скорости, расхода.
4. Поверхностное натяжение.
5. Поверхностное натяжение при соприкосновении многих сред.
6. Двухфазные системы.
7. Взаимодействие струи жидкости со стенкой.
8. Разрушение струи жидкости.
9. Движение капли, разрушение капли жидкости в потоке газа.
10. Испарение капли жидкости.
11. Уравнение движения факела распыленно жидкости.

### **Тема 6. Математическое моделирование течений жидкости и газа.**

Цель изучения темы – ознакомиться с основами современных расчетных программ моделирования течения жидкости и газа.

При изучении данной темы рекомендуется пользоваться пособиями [4, 7, 8, 12, 16].

Для лучшего усвоения материала рекомендуется изучить следующие вопросы:

1. Элементы вычислительной гидрогазодинамики.
2. Дискретизация уравнений в частных производных.
3. Явная и неявная дискретизация.
4. Согласованность, сходимостъ и устойчивость решений.
5. Методы решения уравнений гидрогазодинамики.
6. Метод конечных объемов.
7. Начальные и граничные условия.

### **Тема 7. Экспериментальная гидрогазодинамика.**

Цель изучения темы – ознакомиться с основами проведения газодинамических экспериментов, оборудованием и средствами измерений.

При изучении данной темы рекомендуется пользоваться пособиями [1, 3, 5].

Для лучшего усвоения материала рекомендуется изучить следующие вопросы:

1. Задачи и методы проведения газодинамических экспериментов.
2. Определение параметров потока.
3. Методы и приборы измерения давления.
4. Измерение скорости потока и расхода газа.
5. Лазерно-доплеровские анемометры.
6. Измерение температуры.
7. Визуальные методы.
8. Установки для экспериментальных исследований.
9. Аэродинамические и ударные трубы.

### **Тема 8. Газовая динамика поршневых и газотурбинных двигателей.**

Цель изучения темы – ознакомиться с особенностями течения жидкостей и газов в системах двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных двигателях.

При изучении данной темы рекомендуется пользоваться пособием [2].

Для лучшего усвоения материала рекомендуется изучить следующие вопросы:

1. Особенности течения жидкостей и газов в системах двигателей внутреннего сгорания.
2. Впускной тракт.
3. Особенности течения газа в камере сгорания.
4. Система выпуска.
5. Особенности течения газов в системах газотурбинных двигателей.
6. Основные особенности неустановившегося течения газов в осевых и центробежных компрессорах и турбинах.
7. Особенности гидрогазодинамического эксперимента в тепловых двигателях.

## Вопросы для подготовки 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.

#### **а) ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Драгомиров С.Г. Лабораторный практикум по курсу «Газовая динамика ДВС». – Владимир, 1997.
2. Круглов М.Г., Меднов А.А. Газовая динамика комбинированных ДВС. –М., 1988.
3. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. –М.: Наука, 1974
4. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонов А.И., Пономарев Н.Б. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 800 с.: ил.

#### **б) ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

5. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. в 2 ч. –М., 1991.
6. Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Репринтное воспроизведение издания 1960 г. – М.: ЭКОЛИТ, 2011. – 720 с.
7. Алямовский А.А. SolidWorks Simation. Как решать практические задачи. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. - 448 с.: ил.
8. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simation. М.: ДМК Пресс, 2010. 464 с., ил.
9. Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. М.: Наука, 1982.
10. Бэтчелор Дж., Введение в динамику жидкостей. –М.: Мир, 1973.
11. Методы расчета турбулентных течений: Пер. с англ. / Под ред. В.Колльмана. – М.: Мир, 1984.
12. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. –М.: Энергоатомиздат, 1984.
13. Поттер Д. Вычислительные методы в физике. –М.: Мир, 1975.
14. Сполдинг Д.Б. Горение и массообмен –М.: Машиностроение, 1985.
15. Титъенс О. Гидро- и аэромеханика. т.1. Равновесие, движение жидкостей без трения. –Москва.: - ГТТИ. – 1933. -223 с.
16. Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкостей. тт 1,2. –М.: Мир, 1991.