

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение
высшего профессионального образования
Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

Политехнический институт

Кафедра промышленной энергетики



В.В. Тимофеев

“30” 12 2012 г.

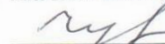
ГИДРОГАЗОДИНАМИКА

Дисциплина по направлению 140100.62
“Теплоэнергетика и теплотехника”

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник УМУ

 Е.И. Грошев

“30” 12 2012 г.

Разработал

Доцент кафедры ПРЭН

 В.Г. Сансиев

“18” декабря 2012 г.

пр. № 3 от 18.12.12г.

Принято на заседании кафедры
Заведующий кафедрой

 И.В. Швецов

“18” декабря 2012 г.

1 Цели и задачи дисциплины:

Цель – формирование компетенций студентов в направлении успешной деятельности в области инжиниринга теплотехнологических объектов, расчета, проектирования и эксплуатации котельного оборудования, газогенераторных установок, паровых турбин и теплофикационных гидромеханических систем.

Задачи: изучение теоретических методов расчета движения жидкости и газа в элементах энергетического и теплотехнологического оборудования, процессов преобразования энергии в турбомашинах; приобретение навыков использования основных уравнений для расчета течений, выработка умений экспериментального исследования и анализа гидравлических характеристик теплоэнергетического оборудования и турбомашин.

2 Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина входит в состав базовой части профессионального цикла дисциплин. Курс гидрогазодинамики базируется на курсах математики, физики, технической термодинамики, прикладной механики жидкости и теоретической механики. В свою очередь он является основной для изучения таких дисциплин, как теория горения, котельные установки и парогенераторы, основы трансформации теплоты, нагнетатели и тепловые двигатели, источники производства теплоты, тепломассообменное оборудование предприятий, технологические энергоносители, системы газоснабжения, теплогенерирующие установки и системы теплоснабжения, котельные и электростанции на альтернативных видах топлива, энергосбережение в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии и т.д., а также на производственных практиках. Индекс дисциплины БЗ.10.

3 Требования к уровню освоения содержания дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- 1) способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения, готовностью к самостоятельной индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции, способностью и готовностью использовать информационные технологии, в том числе современные средства компьютерных технологий в своей предметной области (ОК-1);
- 2) пониманию физической сущности газодинамических процессов в топочных устройствах и газоходах, нагнетателях и газогенераторах (ПК-1);
- 3) пониманию гидродинамических процессов котельного оборудования, способностью к анализу и синтезу гидромеханических объектов и систем котельных установок, выбору расчетной схемы и оптимального метода расчета гидродинамических систем, трубопроводных и теплоемкообменных гидросистем с применением современных методов (ПК-2);
- 4) способностью уверенно ориентироваться в информационном маркетинговом поле современного гидромеханического оборудования и трубопроводного транспорта и производить их сравнительную оценку (ПК-3).

Студент должен знать:

- основные физические свойства жидкостей; общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей; особенности физического и математического моделирования гидромеханических процессов; механизм физических и гидрогазодинамических процессов, происходящих в теплоэнергоустановках; основы гидрогазодинамического эксперимента;

уметь:

-рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости при внешнем обтекании тел и

течении в каналах, проводить гидравлический расчет трубопроводов; производить расчеты проточных элементов и систем, силового воздействия потока на обтекаемые тела; разбираться в гидрогазодинамических процессах;

владеть:

-методами типовых гидродинамических расчетов гидромеханического оборудования и трубопроводов, основами гидродинамических расчетов тепломассообменных аппаратов, динамики газовых потоков в дозвуковых и сверхзвуковых режимах, взаимодействия жидкостных и газовых потоков с рабочими элементами теплоэнергетических машин.

4 Требования к результатам освоения дисциплины

4.1. Трудоемкость дисциплины и формы аттестации

Таблица 4.1 ОФО – очная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	5 семестр
Полная трудоемкость по УР в зачетных единицах (ЗЕ), в т.ч. курсовой проект (работа, экзамен)	4	4
Распределение трудоемкости УР по видам в академических часах (АЧ):	108	108
- лекции	18	18
- практические занятия	36	36
– ауд. СРС	18	18
– внеауд. СРС	54	54
Аттестация:		
- экзамен	36	36

Таблица 4.2 ЗФО – заочная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	5 семестр
Полная трудоемкость по УР в зачетных единицах (ЗЕ), в т.ч. курсовой проект (работа, экзамен)	4	4
Распределение трудоемкости УР по видам в академических часах (АЧ):		
- лекции	6	6
- лабораторные	4	4
– СРС	98	98
Аттестация:		
- экзамен	36	36

Таблица 4.3 ЗУФО – заочная ускоренная форма обучения

Учебная работа (УР)	Всего	3 семестр	4 семестр
Полная трудоемкость по УР в зачетных единицах (ЗЕ), в т.ч. курсовой проект (работа, экзамен)	3		3
Распределение трудоемкости УР по видам в академических часах (АЧ):			
- лекции	4	2	2
- практические занятия	4		4
—СРС	55		55
Аттестация:			
- экзамен	36		36

4.2 Содержание дисциплины

Таблица 2

Раздел (тема) дисциплины, КП / КР	Семестр	Неделя семестра	Трудоемкость по видам УР, АЧ					Баллы рейтинга		Источники
			ЛЕК	ПЗ (сем.)	ЛР	В том числе, ауд. СРС	Вне-ауд. СРС	порого- вый	мах	
1. Введение. Предмет гидрогазодинамики. Методы математического описания движения жидкостей (Эйлера). Движение частицы жидкости – поступательное, вращательное, деформационное. Линия, струйки и трубки тока. Уравнения линий тока. Вихревая линия и вихревая трубка. Общие законы и уравнения статики, кинематики и динамики жидкостей и газов. Силы, действующие в жидкостях.	5	1	1	2		1	4	-	-	1,2,3,4,5,6
2. Основные уравнения. Уравнение движения идеальной жидкости (Эйлера). Интегралы уравнения Эйлера - различные формы уравнения Бернулли. Уравнения Бернулли для несжимаемой жидкости и адиабатического течения газа.	5	2	1	2		1	4	-	-	1,3,5
3. Вязкость. Закон вязкого трения Ньютона и его обобщение на произвольное движение. Тензор вязких напряжений. Уравнение Навье-Стокса.	5	3	1	2		1	4	-	-	1,2,3,4,5
4. Одномерное стационарное течение сжимаемого газа. Уравнение Бернулли изэнтропического течения совершенного газа. Скорость звука и максимальная скорость. Изэнтропические формулы.	5	4	1	2		1	2	-	-	1,2,4,5
5. Течение газа по каналу переменного сечения. Истечение из суживающегося сопла. Звуковое запираание. Сопло Лаваля. Условия перехода через скорость звука. Газодинамические функции и их использование для расчета одномерных	5	5	1	2		1	4	-	-	1,2,3,4,5,6

потоков.										
6. Гидродинамическое подобие. Модель - идеализированная схема реальности. Механическое подобие (геометрическое, кинематическое, динамическое). Газодинамическое подобие для баротропных жидкостей. Основные размерности, безразмерные определяющие критерии и π - теорема.	5	6	1	2		1	4	-	-	1,2,4,5
7. Примеры использования теории подобия. Формулы для расхода при истечении из отверстий; сопротивление и подъемная сила при обтекании тел; сопротивление проточных элементов.	5	7	1	2		1	2	-	-	1,2,4,5
8. Критерий Эйлера и его физический смысл, модификации, критерий Рейнольдса и влияние кавитации; число кавитации и кавитационное заклинивание. Критерий сжимаемости и звуковое заклинивание проточных элементов. Роль поверхностного натяжения; критерий Вебера.	5	8	1	2		1	4	-	-	1,2,4,5
9. Плоское течение несжимаемой идеальной жидкости. Вихревые и безвихревые течения. Потенциал скорости и функция тока. Использование функции комплексного переменного. Простейшие потенциальные течения. Суперпозиция потенциальных течений. Обтекание тел и парадокс Эйлера.	5	9	1	2		1	4	38	75	1,3,5
10. Основные теоремы вихревого движения. Теоремы Стокса, Томсона, Гельмгольца.	5	10	1	2		1	2	-	-	1,3,5
11. Плоское течение идеальной сжимаемой жидкости. Потенциальное движение. Уравнение для потенциала скорости. Метод малых возмущений. Теорема Н. Е. Жуковского о подъемной силе.	5	11	1	2		1	2	-	-	1,3,4,5
12. Плоские сверхзвуковые течения. Линии возмущения и характеристики. Уравнения для характеристик в плоскости годографа и его интегралы. Обтекание выпуклого угла сверхзвуковым потоком. Прямые и косые скачки уплотнения. Ударные поляры. Расчет	5	12	1	2		1	2	-	-	1,2,4,5

прямых и косых скачков уплотнения. Криволинейные и тепловые скачки. Скачки конденсации.										
13. Движение вязкой несжимаемой жидкости и пограничный слой. Примеры точных решений Навье-Стокса. Течение Куэтта в цилиндрических и кольцевых трубах.	5	13	1	2		1	2	-	-	1,3,4,5
14. Приближенные методы решения уравнений вязкого течения. Уравнения Прандтля для пограничного слоя. Граничные условия. Ламинарный, переходный и турбулентный режимы течения в пограничном слое.	5	14	1	2		1	2	-	-	1,3,4,5
15. Уравнения Рейнольдса. Турбулентные напряжения и их связь с пульсациями скорости. Теория турбулентности Прандтля. Профиль скорости для пограничного слоя.	5	15	1	2		1	2	-	-	1,2,3,4,5,6
16. Интегральное соотношение Кармана для пограничного слоя. Отрыв пограничного слоя и предотвращение отрыва. Сопротивление тел, обтекаемых вязкой жидкостью. Сопротивление при течении жидкости в трубах. Местные сопротивления.	5	16	1	2		1	2	-	-	1,3,4,5,6
17. Основы гидрогазодинамики двухфазных сред. Основные режимы течения двухфазных сред. Модели двухфазных сред. Гомогенная модель течения. Влияние дисперсности жидкой фазы на расходные и энергетические характеристики. Коагуляция капель в двухфазных потоках.	5	17	1	2		1	4	-	-	1,3,4,5,6
18. Основные характеристики двухфазного пограничного слоя. Истечение двухфазной среды из отверстий и щелей. Особенности течения насыщенного и влажного пара через турбинные решетки.	5	18	1	2		1	4	75	150	1,2,3,4,5,6
Экзамен								25	50	
Итого:			18	36		18	54	100	200	

4.3 Темы и содержание практических занятий

Таблица 3

Практические занятия (семинары)	Трудоемкость, АЧ
ПР-01 Физические свойства газа и газовых смесей. Линия тока и траектория. Уравнения неразрывности и расхода.	2
ПР-02 Уравнение Бернулли для капельной жидкости и газа.	2
ПР-03 Задачи течения вязкой жидкости.	2
ПР-04 Одномерное движение газа. Газодинамические функции.	2
ПР-05 Движение газа в соплах Лавалья.	2
ПР-06 Гидродинамическое подобие.	2
ПР-07 Подобие течений вязкой несжимаемой жидкости.	2
ПР-08 Примеры гидродинамического моделирования процессов в котельных установках.	2
ПР-09 Линейные задачи динамики вязкой несжимаемой жидкости.	2
ПР-10 Осесимметричные течения жидкости.	2
ПР-11 Задачи теории крыла и плоских решеток.	2
ПР-12 Метод характеристик для сверхзвуковых течений газа.	2
ПР-13 Примеры точных решений уравнений Навье-Стокса	2
ПР-14 Приближенные методы решения задач течения вязкой жидкости.	2
ПР-15 Пространственные течения в турбомашинах.	2
ПР-16 Примеры решения уравнений ламинарного пограничного слоя. Расчёт сопротивления при обтекании тел в приближении пограничного слоя.	2
ПР-17 Задачи гидрогазодинамики двухфазных потоков.	2
ПР-18 Задачи течения насыщенного и влажного пара через турбинные решетки.	2
Итого:	36

4.4 Самостоятельная работа студентов включает работу с интернет-источниками, предоставляющими свободный доступ к демо-версиям программных продуктов для моделирования течений жидкостей и газов, программ для расчета свойств воды, водяного пара, газов и смесей газов (например, <http://www.wsp.ru/>, <http://www.tesis.com.ru>); проработку полученных на занятиях теоретических знаний с использованием дополнительной литературы и специализированных интернет-сайтов (например, <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm>), анализ литературных и интернет-источников для выполнения рефератов и тестовых контрольных работ.

Примеры индивидуальных домашних заданий:

ИДЗ-1. Воздух вытекает из баллона через сужающееся сопло диаметром D в атмосферу, атмосферное давление 100 кПа. Температура в баллоне 400 °К, избыточное давление $p_{изб}$. Определить скорость истечения, массовый расход и параметры воздуха на срезе сопла. Определить также диаметр выходного сечения сопла Лавалья, которое обеспечивает расчетное истечение и имеет диаметр горла D ; скорость и параметры воздуха на выходе.

ИДЗ-2. Поток перегретого водяного пара имеет скорость w , статическое давление p_1 , статическую температуру T_1 . Определить давление и температуру изоэнтропийного торможения p_0 , T_0 . Принять для пара коэффициент адиабаты $k=1,33$, газовую постоянную $R = 461$ Дж/(кг·К). Используя h - s диаграмму, определить также энтальпию торможения h_0 .

ИДЗ-3. Плоская пластинка размерами 100 X 100 мм обтекается сверхзвуковым потоком воздуха под углом атаки α . Параметры невозмущенного потока: давление $p = 20$ кПа, темпе-

ратура $T = 53^{\circ}\text{C}$, число Маха M . Определить величину подъемной силы и сопротивления, построить спектр течения.

ИДЗ-4. Активная решетка прямых турбинных лопаток обтекается потоком воздуха. Угол входа потока $\beta_1 = 19,5^{\circ}$, угол выхода $\beta_2 = 20,6^{\circ}$, хорда лопатки $b = 25,7$ мм, относительный шаг решетки $t' = t/b = 0,6$. Определить параметры потока за решеткой, силы, действующие на одиночную лопатку и построить диаграмму сил.

4.5 Формирование компетенций студентов

Таблица 4

№ темы (раздела) дисциплины	Трудоемкость, АЧ	Код компетенции
1	7	ОК-1, ПК-1
2	7	ОК-1, ПК-1
3	7	ОК-1, ПК-1, ПК-2
4	5	ОК-1, ПК-1, ПК-2
5	7	ОК-1, ПК-1, ПК-2
6	7	ОК-1, ПК-1, ПК-2
7	5	ОК-1, ПК-1, ПК-2
8	7	ОК-1, ПК-1, ПК-2
9	7	ОК-1, ПК-1, ПК-2
10	5	ОК-1, ПК-1, ПК-2
11	5	ОК-1, ПК-1, ПК-2
12	5	ОК-1, ПК-1, ПК-2
13	5	ОК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
14	5	ОК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
15	5	ОК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
16	5	ОК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
17	7	ОК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3
18	7	ОК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3

5 Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы

В процессе преподавания дисциплины используются следующие виды образовательных технологий:

Интегральную модель образовательного процесса по дисциплине формируют технологии методологического уровня: модульно-рейтинговое, развивающее и проектное обучение, элементы технологии развития критического мышления.

Реализация данной модели предполагает использование следующих технологий стратегического уровня (задающих организационные формы взаимодействия субъектов образовательного процесса), осуществляемых с использованием определенных тактических процедур:

- практические (работа в малых группах, обсуждение конкретных ситуаций, использование видеоматериалов);
- самостоятельная работа студентов (выполнение графических работ, работа с источниками по темам дисциплины, подготовка презентаций по темам самостоятельных работ).

Рекомендуется использование информационных технологий при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта), использование мультимедиа-средств при проведении практических занятий.

Формы проведения практических занятий по дисциплине представлены в таблице 5 (рекомендуемые).

Таблица 5

Тема занятий	Форма проведения
1. Введение. Физические свойства газа и газовых смесей. Линия тока и траектория. Уравнения неразрывности и расхода. Алгоритмы решения задач.	Вводная проблемная лекция. Примеры решения задач. Тестовая контрольная работа.
2. Уравнение Бернулли для капельной жидкости и газа.	Информационная лекция с элементами беседы. Решение задач. Тестовая контрольная работа.
3. Задачи течения вязкой жидкости.	Обзорная лекция. Работа с источниками по темам дисциплины. Дискуссия по результатам.
4. Одномерное движение газа. Газодинамические функции.	Информационная лекция-презентация, демонстрация фото- и видеоматериалов, решение задач группой и индивидуально.
5. Движение газа в соплах Лаваля.	Обзорно-информационная медиа-лекция; демонстрация фото- и видеоматериалов моделирования потоков в соплах. Решение задач.
6. Гидродинамическое подобие.	Медиа-лекция. Обсуждение конкретных ситуаций. Дискуссия. Методы решения задач.
7. Подобие течений вязкой несжимаемой жидкости.	Проблемная лекция-презентация; работа в малых группах. Методы решения уравнений. Решения конкретных задач.
8. Примеры гидродинамического моделирования процессов в котельных установках.	Обзорно-информационная медиа-лекция; работа в малых группах; работа с источниками по темам дисциплины. Решение конкретных задач.
9. Линейные задачи динамики вязкой несжимаемой жидкости.	Информационная лекция-презентация; обсуждение ситуации, анализ ситуаций и дискуссия; решение задач, работа с источниками по темам дисциплины. Тестовая контрольная работа.
10. Осесимметричные течения жидкости.	Обзор методов моделирования осесимметричных течений. Решение конкретных задач. Тестовая контрольная работа.
11. Задачи теории крыла и плоских решеток.	Обзорно-информационная проблемная медиа-лекция. Методы решения задач.
12. Метод характеристик для сверхзвуковых течений газа.	Обзорная лекция методов анализа дозвуковых и сверхзвуковых течений. Коллективная работа с таблицами, графиками.
13. Примеры точных решений уравнений Навье-Стокса.	Обзорно-информационная лекция методов и конкретных примеров точных решений уравнений Навье-Стокса. Тестовая контрольная работа.
14. Приближенные методы решения задач течения вязкой жидкости.	Обзор методов приближенных решений уравнений Навье-Стокса. Тестовая контрольная работа.

15. Пространственные течения в турбомашинах.	Медиа-лекция результатов компьютерного моделирования потоков в турбомашинах. Обсуждение.
16. Примеры решения уравнений ламинарного пограничного слоя. Расчёт сопротивления при обтекании тел в приближении пограничного слоя.	Обзор методов решений для ламинарного пограничного слоя. Работа в малых группах. Тестовая контрольная работа.
17. Задачи гидрогазодинамики двухфазных потоков.	Проблемная лекция-презентация модельных представлений двухфазных потоков. Дискуссия.
18. Задачи течения насыщенного и влажного пара через турбинные решетки.	Проблемная лекция-презентация. Демонстрация результатов физического и компьютерного моделирования.

6 Оценочные средства контроля успеваемости

Для оценки качества усвоения дисциплины используются следующие формы контроля:

- **текущий:** результаты выполнения тестовых контрольных работ, работы с источниками, выборочного опроса:
 - пороговый (оценка “удовлетворительно - 50%-69%) – 100 – 139 балла.
 - стандартный (оценка “хорошо” - 70%-89%) – 140– 179 балла.
 - эталонный (оценка “отлично” - 90%-100%) – 180 – 200 баллов.

Критерий	В рамках формируемых компетенций студент демонстрирует
пороговый	знание и понимание теоретического курса “Гидрогазодинамики”, основных законов динамики жидкости и газа с незначительными пробелами; несформированность некоторых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, низкое качество выполнения учебных заданий (не выполнены, либо оценены числом баллов, близким к минимальному); низкий уровень мотивации обучения;
стандартный	полное знание и понимание теоретического содержания курса “Гидрогазодинамики”; недостаточную сформированность некоторых практических умений при решении задач гидрогазодинамики; достаточное качество выполнения предусмотренных программой обучения учебных заданий (ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками); средний уровень мотивации учения;
эталонный	полное знание и понимание основных законов динамики жидкости и газа, теоретического содержания курса “Гидрогазодинамики”, без пробелов; сформированность необходимых практических умений при применении знаний в конкретных ситуациях, высокое качество выполнения всех предусмотренных программой обучения учебных заданий (оценены числом баллов, близким к максимальному); высокий уровень мотивации учения.

- **рубежный:** предполагает использование тестовых контрольных работ для аудиторного контроля теоретических знаний (примеры тестовых контрольных работ даны в приложении А); индивидуальных домашних заданий; учет суммарных результатов по итогам текущего контроля за соответствующий период, систематичность работы и творческий рейтинг

(участие в конференции, публикации, творческие идеи).

– **семестровый:** осуществляется посредством экзамена и суммарных баллов за весь период изучения дисциплины (пример экзаменационного билета приведен в приложении А).

Технологическая карта дисциплины с оценкой различных видов учебной деятельности по этапам контроля приведена в приложении В (рекомендуемые).

7 Учебно-методическое информационное обеспечение дисциплины

7.1 Список основной литературы:

1. Мазо А.Б., Поташев К.А. Гидродинамика: учебное пособие. - Казань: КГУ, 2008. - 126 с.
2. Жуков, Н.П. Газогазодинамика: учебное пособие – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО “ТГТУ”, 2011. – 92 с. ISBN 978-5-8265-1032-2
3. Загузов И.С. Основы аэрогидромеханики. Ч. II: учебное пособие. - Самара: "Универс-групп", 2005. - 140 с. ISBN/ISSN:5-467-00055-1
4. Гарбарук А.В. Механика жидкости и газа. Задачи и решения. Ч.1: учебное пособие. - СПб.: АРКУШ, 2003. - 31 с.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учеб. для вузов.- 7-е изд., испр.-М.: Дрофа, 2003.-840 с.: ил.- Указ.:с.831-840.-ISBN 5-7107-6327-6.

7.2 Список дополнительной литературы:

1. Комина Г.П., Прошутинский А.О. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов: учебное пособие по дисциплине "Газоснабжение" для студентов специальности 270109 - Теплогазоснабжение и вентиляция. - СПб.: СПбГАСУ, 2010. - 148 с. ISBN/ISSN:978-5-9227-0179-2
2. Гиргидов А. Д. Механика жидкости и газа: Учеб. для вузов/С.-Петерб. гос. политехн. ун-т.- 3-е изд., испр. и доп.–СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007.-544 с.:ил.—Библиогр.: с. 536-537. – Указ.: с. 538-544.- ISBN 5-7422-0258-1.
3. Черняк В.Г. Механика сплошных сред: Учеб. пособие для вузов.- М.:Физматлит, 2006.- 352 с.: ил. –Библиогр.: с.350.-Прил.: с. 346-349; Указ.: с. 351-352. – ISBN 5-9221-0714-3.
4. Гальперин Л.Г. Основы гидрогазодинамики. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. - 168с.
5. Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. Механика жидкости и газа: Учеб.пособие для вузов- М.:Академкнига,2003.-462,[1]с.

Карта учебно-методического обеспечения по дисциплине представлена в приложении Г.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходима аудитория, оборудованная дидактическими средствами обеспечения занятий, мультимедийными средствами для демонстрации лекций-презентаций, презентаций проектов и видеоматериалов.

Приложение А

Пример тестовых контрольных работ для рубежного контроля

1. При истечении воздуха из бака абсолютная температура уменьшилось в 2 раза. Во сколько раз уменьшилась плотность воздуха, если процесс истечения адиабатический ($k = 1,5$)?
2. Определить плотность воздуха на таком расстоянии от поверхности земли, где температура равна -43°C , а давление $0,04\text{ МПа}$.
3. Определить повышение давления в жестком полностью закрытом сосуде, если его нагреть на 20°C . Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными: $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$ и $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.
4. Определить повышение давления в водопроводе длиной 5 км и диаметром 200 мм , если в него дополнительно закачать 10 л воды. Коэффициенты объёмного сжатия и температурного расширения принять равными: $5 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Па}$ и $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.
5. Определить плотность воздуха на таком расстоянии от поверхности земли, где температура равна -50°C , а давление $0,02\text{ МПа}$.
6. Определить перепад давления, обуславливающий естественную тягу в печи, если высота дымовой трубы $H = 25\text{ м}$, температура дымовых газов $t_{\text{гор}} = 280^\circ\text{C}$, а температура наружного воздуха $t_{\text{хол}} = 20^\circ\text{C}$.
7. Две вертикальные трубы центрального отопления соединены горизонтальным участком, на котором установлена задвижка диаметром $d = 0,15\text{ м}$. Температура воды в правой вертикальной трубе $t_{\text{п}} = 80^\circ\text{C}$, а в левой $t_{\text{л}} = 20^\circ\text{C}$. Найти разность давлений на задвижку справа и слева. Высота воды в вертикальных трубах $h = 17\text{ м}$ (над уровнем горизонтальной трубы). Значение плотности воды при заданных температурах принять по справочным данным.
8. Конденсатор паровой турбины, установленный на тепловой электростанции, оборудован $n = 8186$ охлаждающими трубками диаметром D . В нормальных условиях работы через конденсатор пропускается расход Q циркуляционной воды с температурой t . Определить, будет ли при этом обеспечен турбулентный режим движения в трубах. Дано: $D = 0,037\text{ м}$, $Q = 4\text{ м}^3/\text{с}$; $t = 10^\circ\text{C}$.
9. Определить критическую скорость, отвечающую переходу от ламинарного течения к турбулентному для трубы диаметром $d = 0,03\text{ м}$ при движении в ней воды и воздуха при температуре $t = 10^\circ\text{C}$.
10. Газ с плотностью $\rho = 1,0\text{ кг/м}^3$ от газгольдерной станции с расходом Q поступает в основную магистраль, диаметром d , питающую распределительные сети среднего давления. Определить конечное давление в магистрали p_2 , если длина ее L , а начальное давление p_1 . Кинематическая вязкость газа $\nu = 16 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$. Трубопровод новый стальной. Дано: $Q = 20000\text{ м}^3/\text{ч}$; $d = 0,40$; $L = 5,6 \cdot 10^3$; $p_1 = 1,6 \cdot 10^5\text{ Па}$.
11. Определить потери напора в газопроводе низкого давления, транспортирующем газ с плотностью и кинематической вязкостью $\rho_{\text{ат}} = 0,8\text{ кг/м}^3$ и $\nu = 15 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$. Диаметр газопровода $d = 0,05\text{ м}$. Расход газа $Q = 40\text{ м}^3/\text{ч}$. Длина участка $\ell = 50\text{ м}$.
12. Определить потери давления в газопроводе высокого давления диаметром $d = 0,120\text{ м}$, по которому транспортируется газ $\rho_{\text{ат}} = 0,8\text{ кг/м}^3$, $\nu = 15 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2/\text{с}$. Абсолютное давление газа в начале участка $p_1 = 6 \cdot 10^5\text{ Па}$, расход газа $Q_{\text{ат}} = 5000\text{ м}^3/\text{ч}$. Длина участка газопровода $\ell = 1000\text{ м}$.
13. Определить понижение давления в воздухопроводе диаметром $d = 0,25$ на длине $\ell = 2000\text{ м}$, если в начальном сечении давление $p_1 = 1 \cdot 10^6\text{ Па}$, массовый расход $2,0\text{ кг/с}$. Температура по всей длине трубопровода одинакова и равна $t = 20^\circ\text{C}$, динамическая вязкость, воздуха $\mu = 1,8 \cdot 10^{-5}\text{ Па}\cdot\text{с}$.
14. Через дымовую трубу диаметром $D = 2\text{ м}$ и высотой $H = 50\text{ м}$ проходят дымовые газы в количестве $Q = 9000\text{ м}^3/\text{ч}$, имеющие температуру 500°C . Определить скорость газов на оси трубы и на расстоянии $0,3\text{ м}$ от стенки, если полная потеря давления на трение

$\Delta p = 13$ Па. Плотность и кинематическая вязкость газов при $t = 500^\circ\text{C}$ принять равными $\rho_{\text{ат}} = 0,455 \text{ кг/м}^3$ и $\nu = 72 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Охлаждение газов в трубе не учитывать.

15. Определить давление урагана ($V = 50 \text{ м/с}$) на боковую стенку (перпендикулярную ветру) вагона высотой $H = 4 \text{ м}$ и длиной $L = 30 \text{ м}$.
16. Боковой ветер со скоростью $V = 20 \text{ м/с}$ обтекает цилиндрическую дымовую трубу диаметром $D = 0,69 \text{ м}$ и высотой $H = 30 \text{ м}$. Определить силу, опрокидывающую трубу, если температура воздуха $t = 20^\circ\text{C}$, а давление 76 кПа .
17. Воздух движется по каналу переменного сечения. Найти соотношение между скоростями воздуха в двух сечениях при отсутствии трения и теплообмена, если в одном сечении число $M = 1$, а в другом $M = 2$. Определить форму канала.
18. На высоте 11 км самолет достиг скорости 1440 км/час . С какой скоростью происходит полет: дозвуковой или сверхзвуковой?
19. Чему равно минимальное число Маха в потоке воздуха за стационарным прямым скачком уплотнения?
20. Сравнить увеличение плотности воздуха при изэнтропном сжатии и сжатии в скачке уплотнения, если в обоих случаях давление возросло в 10 раз.
21. Вязкая несжимаемая жидкость течет между двумя параллельными пластинами, расстояние между которыми равно 1 мм . Одна из пластин неподвижна, а другая перемещается в своей плоскости со скоростью 5 м/с . Течение плоскопараллельное, установившееся. Перепад давлений вдоль потока равен нулю. Массовыми силами пренебречь. Определить скорость по оси потока.
22. Определить скорость витания шара диаметром D в воздушном потоке (плотность $\rho_{\text{ат}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$), коэффициент лобового сопротивления $C_d = 0,22$. Дано: $D = 0,03$, плотность материала шара $\rho_{\text{ш}} = 800 \text{ кг/м}^3$.
23. Найти скорость падения частиц шарообразной формы в воде, если диаметр частицы $D = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, а ее плотность $\rho = 2000 \text{ кг/м}^3$. Температура $t = 10^\circ\text{C}$.

Приложение Б

Контрольные вопросы к экзамену по гидрогазодинамике и пример экзаменационного билета

Контрольные вопросы к экзамену:

1. Уравнение состояния совершенного (идеального) газа.
2. Изотермический, адиабатный и политропный процессы.
3. Газовые смеси.
4. Термодинамическое состояние газа. Эквивалентность тепла и работы.
5. Дифференциальное уравнение энергии для газа.
6. Уравнение Бернулли – Сен-Венана.
7. Импульс сжатия в газе.
8. Скорость звука в газе. Число Маха.
9. Критическая и максимальная скорость газа.
10. Параметры торможения и критическая скорость.
11. Конус Маха.
12. Течение газа в трубе переменного сечения.
13. Сопло Лавала.
14. Истечение газа из котла через сужающееся отверстие.
15. Прямой скачок уплотнения.
16. Параметры потока в прямом скачке уплотнения.
17. Ударная адиабата.
18. Вязкость жидкостей.
19. Методы Лагранжа и Эйлера исследования движения жидкости.
20. Движения жидких частиц. Векторное поле скоростей.
21. Субстанциональные, локальные и конвективные производные в уравнениях движения жидкости.
22. Уравнение линии тока.
23. Теорема Коши-Гельмгольца.
24. Уравнения компонентов вихря.
25. Условия безвихревого движения.
26. Потенциал скорости.
27. Уравнения Эйлера движения жидкости.
28. Функция тока. Физический смысл функции тока.
29. Гидродинамическая сетка.
30. Уравнения Навье-Стокса.
31. Примеры точного решения уравнений Навье-Стокса.
32. Автомодельные решения уравнений Навье-Стокса.

Пример экзаменационного билета:

1. Течение газа в трубе переменного сечения.
2. Уравнения Эйлера движения жидкости.
3. Задача:

Вязкая несжимаемая жидкость течет между двумя параллельными пластинами, расстояние между которыми равно 1 мм. Одна из пластин неподвижна, а другая перемещается в своей плоскости со скоростью 5 м/с. Течение плоскопараллельное, установившееся. Перепад давлений вдоль потока равен нулю. Массовыми силами пренебречь. Определить скорость на оси потока.

Приложение В
Технологическая карта дисциплины
Трудоемкость дисциплины 4 ЗЕ (200 баллов).

Семестр/ Недели	Виды учебной работы и трудоемкость	Аудиторный контроль теоретических знаний (в баллах)	Работа на практических занятиях (в баллах)	Тестовые контрольны е работы. (в баллах)	Внеауд. СРС	Оценка по итогам работы студента в семестре (в баллах)	Творчес- кий рейтинг	Экза- мен
1 с		0 – 24	0 – 36	0–40	0 - 40		0 – 10	0–50
1-9	<i>1 этап</i>	0 - 12	ПР-01 (26.) ПР-02 (26.) ПР-03 (26.) ПР-04 (26.) ПР-05 (26.) ПР-06 (26.) ПР-07 (26.) ПР-08 (26.) ПР-09 (26.)	КР-01(66.) КР-02(66.) КР-03(66.) КР-04(66.)	ИДЗ-1(10 б) ИДЗ-2(10 б)		0 -05	
<i>1 этап. Рубежная аттестация (не менее 38 баллов из 75 баллов)</i>								
9		0 - 12	0 – 18	0 – 20	0 – 20		0 – 05	
10-18	<i>2 этап</i>	0 - 12	ПР-10 (26.) ПР-11 (26.) ПР-12(26.) ПР-13 (26.) ПР-14 (26.) ПР-15 (26.) ПР-16 (26.) ПР-17 (26.) ПР-18 (26.)	КР-05(66.) КР-06(66.) КР-07(66.) КР-08(66.)	ИДЗ-3(10 б) ИДЗ-4(10 б)		0 - 05	
<i>2 этап. Рубежная аттестация (не менее 37 баллов из 75баллов)</i>								
18		0-12	0–18	0–20	0 - 20		0–05	
<i>Семестровая аттестация (не менее 100 баллов из 200 баллов)</i>								
		0 – 24	0 – 36	0–40	0 - 40		0 – 10	0 – 50

Критерии оценки качества освоения студентами дисциплины:

5 семестр:

- пороговый (оценка “удовлетворительно”) – 100 – 139 баллов.
- стандартный (оценка “хорошо”) – 140– 179 баллов.
- эталонный (оценка “отлично”) – 180 – 200 баллов.

Приложение Г

Карта учебно-методического обеспечения

Дисциплины “Гидрогазодинамика”, формы обучения – очной, заочной, заочной ускоренной
ДФО 43Е, лекц. –18, практических занятий – 36, СРС– 54.(5семестр)

ЗФО 43Е, лекц.-6, лаб. -4,СРС-98 (5семестр)

ЗУФО 33Е, лекц.-4,прак. зан. – 4,СРС -55. (3,4 семестр)

Для направления – 140100.62 “Теплоэнергетика и теплотехника”

Таблица 1 - Обеспечение дисциплины учебными изданиями

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Вид занятия	Кол. экз. в библ. НовГУ	Примечание
Мазо А.Б. Гидродинамика [электронный ресурс]: учебное пособие./А.Б.Мазо, К.А.Поташев-Казань: КГУ, 2008. - 126 с.–Режим доступа.	Лекции, практ. зан., СРС		Единое окно доступа к образовательным ресурсам http://window.edu.ru/resource/276/69276
Жуков, Н.П. Гидрогазодинамика [электронный ресурс]: учебное пособие– Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО “ТГТУ”, 2011. – 92 с. ISBN 978-5-8265-1032-2– Режим доступа.	Лекции, практ. зан., СРС		Единое окно доступа к образовательным ресурсам http://window.edu.ru/resource/468/76468
Загузов И.С. Основы аэрогидромеханики [электронный ресурс]: Ч.II: учебное пособие. - Самара: "Универс-групп", 2005. - 140 с. ISBN/ISSN:5-467-00055-1 – Режим доступа.	Лекции, практ. зан., СРС		Единое окно доступа к образовательным ресурсам http://window.edu.ru/resource/954/74954
Комина Г.П. Гидравлический расчет и проектирование газопроводов [электронный ресурс]: учебное пособие по дисциплине "Газоснабжение" для студентов специальности 270109 - Теплогазоснабжение и вентиляция / Г.П. Комина., А.О.Прошутинский. - СПб.: СПбГАСУ, 2010. - 148 с. ISBN/ISSN:978-5-9227-0179-2 – Режим доступа.	Практ. зан., СРС		Единое окно доступа к образовательным ресурсам http://window.edu.ru/resource/294/74294
Гарбарук А.В. Механика жидкости и газа: задачи и решения [электронный ресурс]: Ч. 1: учебное пособие. - СПб.: АРКУШ, 2003. - 31 с. – Режим доступа.	Лекции, практ. зан., СРС		Единое окно доступа к образовательным ресурсам http://window.edu.ru/resource/582/75582
Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учеб. для вузов.- 7-е изд., испр.-М.: Дрофа, 2003.- 840 с.: ил.- Указ.:с.831-840.-ISBN	Лекции, практ. зан., СРС	12	

5-7107-6327-6.			
Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г. Механика жидкости и газа: учеб. пособие для вузов- М.: Академкнига, 2003.-462,[1]с.	Лекции, практ. зан., СРС	2	
Гиргидов А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): учеб. для вузов: Посвящается 100-летию Инженерно-строительного факультета СПбГПУ-СПб.: Издательство Политехн. ун-та, 2007.-544с.	Лекции, практ. зан., СРС	1	

Примечание: общедоступную литературу по гидромеханике можно найти на сайте EqWorld – Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm> - библиотека - книги по механике – механика жидкости и газа / механика сплошных сред, динамика многофазных сред; а также <http://mechmath.ipmnet.ru/lib/?s=fluid>.

Таблица 2 - Обеспечение дисциплины учебно-методическими изданиями.

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол.стр.)	Вид занятия	Кол. экз. в библ. НовГУ	Кол. экз. на каф.	Прим.
Гидрогазодинамика. Рабочая программа дисциплины для направления 140100.62- “Промышленная тепло-энергетика”/Сост. Сансиев В. Г.;НовГУ. - Великий Новгород, 2011 - 18 с.	Лекции, практическое занятие			http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.6991.ksort.spec/i.6991/?spec=140104.65&showfolder=7614
Сансиев В.Г. Гидравлика: учеб. пособие для студентов технических специальностей / В. Г. Сансиев, И. В. Швецов; НовГУ им. Ярослава Мудрого.- Великий Новгород, 2011.- 93 с.	Лекции, практическое занятие, СРС	10	100	http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.6991.ksort.spec/i.6991/?spec=140104.65&showfolder=7614
Сансиев В.Г. Основные физические свойства жидкостей: методические указания / Новгород.гос.ун-т им. Ярослава Мудрого. - Великий Новгород, 2011. – 30 с.	Практическое занятие, СРС	10	100	http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.6991.ksort.spec/i.6991/?spec=140104.65&showfolder=7614
Виртуальный лабораторный практикум по гидравлике /Сост. Е.Н. Коноплев, М.А. Скоробогатов, А.А. Шейпак:- Тверь,2007.-74 с.	Практическое занятие		20	http://www.novsu.ru/study/umk/university/r.6991.ksort.spec/i.6991/?spec=140104.65&showfolder=7614