

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»  
Физико-технический институт

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ФТИ  
\_\_\_\_\_ О.Ю. Долматов  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ:  
«ПРИКЛАДНАЯ ГАЗОДИНАМИКА (APPLIED GAS DYNAMICS)»**

НАПРАВЛЕНИЕ ООП: 14.04.02 **Ядерные физика и технологии**

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ: **Изотопные технологии и материалы**

КВАЛИФИКАЦИЯ (СТЕПЕНЬ): магистр

БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА 2016 г.

КУРС 1; СЕМЕСТР 1,2;

КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ: 6

ПРЕРЕКВИЗИТЫ: «Математика», «Физика», «Химия», «Материаловедение», «Уравнения математической физики», «Ядерные энергетические технологии», «Компьютерные технологии»

КОРЕКВИЗИТЫ: «Газофазные методы разделения веществ», «Перспективные технологии разделения изотопов и тонкой очистки веществ»

ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:

ЛЕКЦИИ – часов (ауд.)

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ 64 часов (ауд.)

АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ **64 часов**

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА 128 часов

ИТОГО **192 часов**

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ: зачет в 1, 2 семестрах

ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ КАФЕДРА: «Техническая физика» ФТИ ТПУ

ЗАВЕДУЮЩИЙ КАФЕДРОЙ \_\_\_\_\_ И.В. Шаманин

РУКОВОДИТЕЛЬ ООП \_\_\_\_\_ О.Ю. Долматов

ДОЦЕНТ \_\_\_\_\_ Д.Г. Видяев

2016г.

## **1. Цели освоения дисциплины**

Формирование у магистрантов знаний теоретических основ газодинамики процессов разделения и умений применять их в производственно-технической и научно-исследовательской деятельности, а также приобретения навыков использования иностранного языка в научной сфере, компьютерно-информационных технологии для проведения математического моделирования гидравлики разделительных установок и поиска новой информации, необходимой для самообучения и решения конкретных инженерных задач.

## **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина относится к базовой части дисциплин магистерской подготовки (М1.Б2.2). Она непосредственно связана с дисциплинами гуманитарного, социального и экономического цикла (иностраный язык и профессиональный иностранный язык), математического и естественнонаучного цикла (математика, физика, химия), общепрофессионального цикла (материаловедение, уравнения математической физики) и дисциплинами направления магистерской подготовки (ядерные энергетические технологии, компьютерные технологии) и опирается на освоенные при изучении данных дисциплин знания и умения. Коррективитами для дисциплины «Прикладная газодинамика» являются профессиональные дисциплины магистерской подготовки: «Газофазные методы разделения веществ», «Перспективные технологии разделения изотопов и тонкой очистки веществ».

## **3. Результаты освоения дисциплины**

Изучение данной дисциплины помогает магистрантам получить следующие важные результаты (компетенции) обучения ООП:

Р1. Демонстрировать способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию и повышению своей квалификации; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией, в том числе и на иностранном языке, в глобальных компьютерных сетях;

Р2. Применять иностранный язык, основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;

Р3. Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию;

Р4. Использовать информационные технологии при разработке и проектировании новых установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов;

Р5. Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; к разработки способов применения методов экспериментальной физики в решении технических и технологических задач.

Для указанных результатов обучения можно провести декомпозицию на составляющие: знания (З), умения (У) и владение (В) опытом, приведенные в таблице

Результат обучения	Составляющие результатов обучения		
	Знания	Умения	Владение опытом
1.	1.1. Основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации.	1.1. Самообучаться и повышать свою квалификацию. 1.2. Работать с информацией в глобальных компьютерных сетях.	1.1. Обобщения, анализа, восприятия информации, постановки цели и выбора путей ее достижения. 1.2. Работы с компьютером как средством управления информацией
2.	2.1. Основных законов естественнонаучных дисциплин	2.1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	2.1. Математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
3.	3.1. Правил разработки проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ	3.1. Проводить расчеты, проектировать детали и узлы установок в соответствии с техническим заданием.	3.1. Проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов
4.	4.1. Методов математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов.	4.1. Использовать информационные технологии при разработке новых установок.	4.1. Сбора и анализа информационных исходных данных для проектирования установок.
5.	5.1. Способов применения методов экспериментальной физики в решении технических и технологических задач.	5.1. Проводить анализ затрат и результатов деятельности производственных подразделений.	5.1. Проведения физических экспериментов по заданной методике, составления описания проводимых исследований и анализа результатов

Соответствие результатов освоения дисциплины «Прикладная газодинамика» формируемым компетенциям представлено в таблице.

Формируемые компетенции	Результаты освоения дисциплины
3.1.1, 3.2.1, 3.3.1, 3.4.1, 3.5.1.	<i>В результате освоения дисциплины магистрант должен знать:</i> Основные способы получения и обработки новой информации, необходимой для самообучения и решения конкретных задач по газоди-

	<p>намике; специальные разделы математики, физики и химии, лежащие в основе изучаемых законов движения и анализа физических свойств жидкости и газа; принципы и этапы планирования научно-исследовательской работы; основные и специализированные методы и оборудование для экспериментальных исследований свойств жидкости и газа и параметров их потоков; современные методы инженерного и научного анализа экспериментальных результатов; требования нормативных документов к составлению отчетов по проделанной работе; основные законы движения жидкости и газа по трубам и истечения их из отверстий; виды гидравлических сопротивлений и основные методы их расчета; последовательность расчета основных типов трубопроводов; принципы формирования установок для разделительных процессов с точки зрения прикладной газодинамики.</p>
<p>У.1.1, У.1.2, У.2.1, У.3.1, У.4.1, У.5.1.</p>	<p><i>В результате освоения дисциплины магистрант должен <b>уметь</b>:</i>          Определять способ и последовательность расчета основных типов трубопроводов и других устройств установок для организации разделительного процесса; использовать принципы формирования разделительных установок с точки зрения газодинамики; планировать, проводить и оценивать результаты экспериментальной исследовательской работы; модернизировать методики получения и обработки экспериментальных данных; выбирать и использовать методы и оборудование для анализа физических свойств жидкости и газа и параметров их потоков; критически оценивать полученные экспериментальные данные и определять их перспективность; составлять отчет по проделанной работе в соответствии с требованиями нормативной документации; находить и использовать научно-техническую информацию в исследуемой области из различных ресурсов, включая на английском языке; использовать прикладные программы для моделирования и расчета гидравлики разделительных установок с использованием ЭВМ</p>
<p>В.1.1, В.1.2, В.2.1, В.3.1, В.4.1, В.5.1.</p>	<p><i>В результате освоения дисциплины магистрант должен <b>владеть</b>:</i>          Опыт проведения математического анализа и моделирования, в том числе с использованием компьютерной техники и ресурсов; опытом работы с научно-исследовательским оборудованием; устойчивыми навыками проведения теоретических расчетов и эксперимента с учетом выбора оптимальных методик и оборудования для исследований, рационального определения условий и диапазона экспериментов, обработки, систематизации и анализа полученных результатов; опытом работы и использования в ходе проведения исследований научно-технической информации, <i>Internet</i>-ресурсов, баз данных и каталогов, электронных журналов и патентов, поисковых ресурсов и др. в области газодинамики, в том числе, на иностранном языке; приемами синтеза элементов трубопроводов; методикой выбора элементной базы для проектирования гидравлики установки.</p>

## 4. Структура и содержание дисциплины

### 4.1. Содержание разделов дисциплины

#### ЧАСТЬ 1. ОСНОВЫ ТРЕХМЕРНОГО И ОДНОМЕРНОГО ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ И ГАЗА

##### *Введение*

Предмет прикладной газодинамики как теоретической дисциплины. Содержание и структура курса. Цели его преподавания и изучения. Связь с естественно-научными и специальными дисциплинами.

##### **1. Основные понятия и определения газодинамики**

Особенности описания движения газа в зависимости от перепада давления. Основные свойства газа и жидкости. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса. Методы изучения движения жидкости и газа.

##### **2. Трехмерное движение жидкости**

Вихревое и потенциальное движение жидкой частицы. Дифференциальные уравнения движения идеальной и вязкой жидкости (уравнения Эйлера и Навье–Стокса). Уравнение неразрывности трехмерного потока.

##### **3. Одномерное движение жидкости**

Элементарная струйка потока. Уравнение неразрывности для элементарной струйки при установившемся движении. Неустановившееся движение идеальной жидкости под действием сил тяжести вдоль линии тока. Установившееся движение идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.

##### **4. Одномерное движение газа**

Основные соотношения термодинамики. Скорость звука. Число Маха. Уравнение Бернулли для газа. Связь скорости газа с сечением потока. Сопло Лавалья

##### **5. Гидравлические потери напора при движении газа в трубах**

Виды гидравлических сопротивлений. Метод анализа размерностей, Питеорема.

##### **6. Коэффициент гидравлического трения**

Определение коэффициента гидравлического трения при ламинарном и турбулентном течении.

#### ЧАСТЬ 2. ОРГАНИЗАЦИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКОВ ГАЗА И ЖИДКОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

##### **7. Местные гидравлические сопротивления**

Общие сведения. Потери напора, связанные с изменением сечения потока. Потери напора, связанные с изменением направления потока. Потери напора в арматуре трубопроводов, в тройниках и крестовинах.

### 8. Расчет простых трубопроводов

Простые и сложные трубопроводы. Расчет простых трубопроводов для несжимаемой жидкости. Гидравлический удар в трубах. Расчет трубопроводов для газов.

### 9. Расчет сложных трубопроводов

Устройство сложных трубопроводов. Расчет параллельного трубопровода. Разветвленная сеть. Непрерывная раздача по пути.

### 10. Особенности истечения и организации движения газа в трубопроводе

Истечение газа через отверстия и насадки. Работа нагнетателей в трубопроводе.

### 11. Противоточное движение в колоннах

Устройство обменных колонн. Режимы движения жидкости и газа в колонне. Динамика противоточных двухфазных потоков газ(пар)-жидкость в насадочных колоннах.

### 12. Моделирование в газодинамике

Общие принципы моделирования. Критерии динамического подобия

## 4.2. Структура дисциплины по разделам, формам организации и контроля обучения

№	Название раздела/темы	Аудиторная работа (час)	СРС (час)	Итого	Формы текущего контроля и аттестации
		Практ./семинар			
1 семестр					
1	Введение. Основные понятия и определения газодинамики	4	8	12	Устный отчет
2	Трехмерное движение жидкости	6	8	14	Устный отчет
3	Одномерное движение жидкости	6	16	22	Отчет по ИДЗ
4	Одномерное движение газа	6	8	14	Устный отчет
5	Гидравлические потери напора при движении газа в трубах	4	8	12	Устный отчет
6	Коэффициент гидравлического трения	6	16	22	Отчет по ИДЗ. Зачет
Итого за семестр		<b>32</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	
2 семестр					
7	Местные гидравлические сопротивления	6	8	12	Устный отчет
8	Расчет простых трубопроводов	6	8	14	Устный отчет
9	Расчет сложных трубопроводов	4	16	20	Отчет ИДЗ
10	Особенности истечения и организации движения газа в трубопроводе	4	8	12	Устный отчет
11	Противоточное движение в колоннах	6	8	14	Устный отчет
12	Моделирование в газодинамике	6	16	22	Отчет по ИДЗ. Зачет
Итого за семестр		<b>32</b>	<b>64</b>	<b>96</b>	
Итого		<b>64</b>	<b>128</b>	<b>192</b>	

### 4.3. Распределение компетенций по разделам дисциплины

Распределение по разделам дисциплины планируемых результатов обучения по основной образовательной программе, формируемых в рамках данной дисциплины и указанных в пункте 3.

№	Формируемые компетенции	Разделы дисциплины							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1.	З.1.1				x		x		x
2.	З.2.1.	x	x	x	x	x	x	x	x
3.	З.3.1.	x					x	x	
4.	З.4.1.	x					x	x	
5.	З.5.1.	x					x	x	x
6.	У.1.1.				x		x		x
7.	У.1.2.				x		x		x
8.	У.2.1.	x	x	x	x	x	x	x	x
9.	У.3.1.	x		x		x	x	x	
10.	У.4.1.							x	
11.	У.5.1.							x	
12.	В.1.1.				x		x		x
13.	В.1.2.				x		x		x
14.	В.2.1.	x					x	x	x
15.	В.3.1.							x	x
16.	В.4.1.				x		x		x
17.	В.5.1.	x			x		x	x	x

### 5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие сочетания видов учебной работы с методами и формами активизации познавательной деятельности магистрантов для достижения запланированных результатов обучения и формирования компетенций.

Методы и формы активизации деятельности	Виды учебной деятельности	
	Семинар	СРС
Дискуссия	x	
IT-методы		x
Командная работа	x	x
Разбор кейсов	x	
Опережающая СРС	x	x
Индивидуальное обучение		x
Проблемное обучение	x	x
Обучение на основе опыта	x	x

Для достижения поставленных целей преподавания дисциплины реализуются следующие средства, способы и организационные мероприятия:

- изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;
- самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием *Internet*-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;
- закрепление теоретического материала при проведении практических занятий, выполнения проблемно-ориентированных, поисковых, творческих заданий как расчетного, так и практического плана с использованием учебного и научного оборудования и приборов.

## **6. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов (СРС)**

**6.1 Текущая и опережающая СРС**, направленная на углубление и закрепление знаний, а также развитие практических умений заключается в:

- работе магистрантов с лекционным материалом, поиск и анализ литературы и электронных источников информации по заданной проблеме и выбранной теме магистерской диссертации,
- выполнении домашних заданий,
- переводе материалов из тематических информационных ресурсов с иностранных языков,
- изучении тем, вынесенных на самостоятельную проработку,
- изучении теоретического материала к практическим занятиям,
- подготовке к зачету и входному контролю по практическим занятиям.

**6.2 Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа (ТСР)**, ориентированная на развитие интеллектуальных умений, комплекса универсальных (общекультурных) и профессиональных компетенций, повышение творческого потенциала магистрантов.

ТСР может включать следующие виды работ по основным проблемам курса:

- поиск, анализ, структурирование и презентация информации,
- выполнение расчетно-графических работ;
- исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- анализ статистических и фактических материалов по заданной теме, проведение расчетов, составление схем и моделей на основе статистических материалов.



### *6.2.1. Перечень научных проблем и направлений научных исследований:*

- 1) моделирование и расчет параметров трубопроводов для подачи и отвода реагентов в разделительных каскадах из обменных противоточных колонн,
- 2) моделирование и расчет параметров трубопроводов для подачи и отвода реагентов в каскадах газовых центрифуг,
- 3) моделирование потоков в насадочной колонне с целью определения ее гидравлических характеристик,
- 4) моделирование единичной газовой центрифуги с целью определения ее гидравлических характеристик.

### *6.2.2. Темы, выносимые на самостоятельную проработку:*

- 1) Dimensional motion of a gas;
- 2) Local hydraulic resistance;
- 3) Simulation of gas dynamics.

## **6.3 Контроль самостоятельной работы**

Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателей.

## **6.4 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

1. E. Rathakrishnan. Applied Gas Dynamics. – Wiley, 2010. – 680 p
2. K. Oswatitsch. Gas Dynamics. – Academic press inc., New York, 1956. – 626 p.
3. F. M. White. Fluid Mechanics. – McGraw-Hill, 2003. – 866 p.
4. Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости). - М.: Стройиздат., 1965. – 275 с.
5. Черный Г.Г. Газовая динамика. – М.: Наука, 1988. – 424 с.
6. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. –М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

## **7. Средства текущей и итоговой оценки качества освоения дисциплины (фонд оценочных средств)**

Оценка текущей и итоговой успеваемости магистрантов осуществляется выставлением рейтинговых баллов по результатам:

- самостоятельного выполнения заданий на практических занятиях,
- анализа контрольных работ и подготовленных магистрантами рефератов,
- устного опроса при сдаче выполненных индивидуальных заданий и во время зачета в конце семестра (для выявления знания и понимания теоретического материала дисциплины и основных терминов на иностранном языке).

### *Вопросов текущего и итогового контроля:*

1. What is meant by gas dynamics? Formulate the hypothesis about the continuity of the liquid medium. Give the concept of fluid flow.
2. Formulate the concept of an ideal, incompressible and compressible fluids. What are the forces acting on the particles of the liquid?

3. Give an expression for the density, specific volume and volume weight.
4. Formulate Newton's law of internal friction. Give the concept of viscosity. What kind of viscosity you know? What is abnormal fluid?
5. Identify the main differences of laminar and turbulent flow. Draw the velocity profile for these types of fluid flow in the pipe.
6. Give an expression for the Reynolds number. What characterizes this number?
7. When the concept of equivalent diameter is used?
8. What methods of mathematical description of fluid motion, you know? Compare them. Give types of fluid motion.
9. Identify the concept of the current line. Give the equation and its properties.
10. Write the theorem of Helmholtz and Cauchy in terms of vectors. Expand its essence.
11. Give an expression for any axial component of the angular speed of the liquid particle.
12. Formulate concepts of vortex and potential motion of liquid particles. Write an expression for the velocity potential.
13. Write the system of differential equations of motion of a perfect fluid. Expand the physical sense of the members of these equations
14. Write the system of differential equations of motion of a viscous fluid. Expand the physical sense of the members of these equations.
15. Formulate the concept of fluid flow. What types of liquid flow You know?
16. Give an expression of the continuity condition for three-dimensional flow of a compressible fluid.
17. Give the concept and properties of elementary stream.
18. Write the equation of continuity for the elementary stream under steady movement in various forms
19. Give an equation for the unsteady motion of an ideal compressible fluid under the action of gravity along the current line
20. Expand the energy meaning of the terms in the three-membered Bernoulli.
21. Write the Bernoulli equation for the steady motion of an ideal incompressible fluid. Expand the geometric meaning quantities in this equation.
22. What is the pressure loss? Formulate the concept of hydraulic gradient.
23. Expand the physical meaning of the coefficient of Coriolis. Say its value for laminar and turbulent fluid flow.
24. Write the Bernoulli equation for the flow of the real fluid.
25. Write the equation of state of an ideal gas.
26. What are the typical processes of change in the state of gas are usually studied in thermodynamics?
27. Give the expression for the speed of sound and Mach number? What characterizes this number? What types of gas flow you know?
28. Write the Bernoulli equation for gas in the integral form. Expand its physical meaning.
29. Give three kinds of recording the energy equation for the gas. Expand their physical meaning.
30. Write an expression that links the gas velocity with the cross section of flow.
31. Describe the mechanism and operation of the Laval nozzle.
32. Display the energy meaning of the flow head loss.
33. Formulate the Pi theorem.
34. Write a formula for the calculation of the flow head loss due to friction.
35. What is the formula for calculating the coefficient of hydraulic friction in laminar flow?
36. Write an expression for the determination of the coefficient of hydraulic friction in the hydraulically smooth pipe.
37. Write a formula for the calculation of the coefficient of hydraulic friction for quadratic regime of flow.
38. What is the absolute and relative roughness?

39. Formulate the concept of equivalent length.
40. Which groups of local losses you know?
41. What is confuser and diffuser?
42. Write a formula for the calculation of head losses in the area of expansion and contraction of flow.
43. Give a formula to determine the coefficient of local resistance of the pipe bend.
44. Both in terms of hydraulic cranes, valves and chokes operate?
45. Write a formula for the evaluation of local resistance caused by the pipe joints.
46. What is the tee and cross? From what parameters the value of coefficient of local resistance of tees and crosses is depended?
47. Formulate the concept of simple and complex pipeline. What types of tasks are solved in the calculation of the simple pipeline?
48. What types of schemes of complex pipeline you know? How are they calculated?
49. What is water hammer? Write the formula to determine the impact pressure by direct water hammer.
50. What are the features of calculation of pipelines for gas at low and high pressure differentials?
51. Formulate the concept of coefficients of expiration rate and of flow rate.
52. Write the formula for calculating the pressure developed by supercharger.
53. Describe the device of packed column.
54. Formulate the concept of limit load. Write a formula to calculate the mass limit load of gas.
55. Formulate the requirements of dynamic similarity. Expand the concept of full and partial similarity.
56. Give the expression of the general law of dynamic similarity.
57. What are the main criteria for the similarity of hydrodynamic processes. Specify their physical meaning.

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение модуля (дисциплины)**

### **Основная литература:**

1. E. Rathakrishnan. Applied Gas Dinamics. – Wiley, 2010. – 680 p
2. K. Oswatitsch. Gas Dinamics. – Academic press inc., New York, 1956. – 626 p.
3. F. M. White. Fluid Mechanics. – McGraw-Hill, 2003. – 866 p.
4. Черный Г.Г. Газовая динамика. – М.: Наука, 1988. – 424 с.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

### **Дополнительная литература:**

1. Irving Herman Shames. Mechanics of Fluids. – McGraw-Hill, 2003. – 861 p.
2. L.G. Loitsianskii. Mechanics of Liquids and Gases. – Pergamon Press, 1966. – 804 p.
3. S.W. Yuan. Foundations of fluid mechanics. – Prentice-Hall, 1967. –608 p.
4. W.F. Hughes, J.A. Brighton. Fluid Dynamics. – McGraw-Hill, 1999. – 369 p.
5. E. Rathakrishnan. Theoretical Aerodynamics. – Wiley, 2013. – 560 p.

**Программное обеспечение и *Internet*-ресурсы:** стандартное программное обеспечение компьютерного класса – Microsoft Office (Excel, Word, PowerPoint); редактор для программирования на языке СИ++; Mathcad; Matlab и т.д.

**Интернет-ресурсы:**

<http://www.rosatom.ru/>

<http://www.lib.tpu.ru/>

<http://window.edu.ru/>

<http://www.itp.nsc.ru> – сайт Института теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН (г. Новосибирск), который являясь одним из ведущих научных центров по теории теплообмена и физической гидрогазодинамики.

[http://btn.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1555/u\\_sam.pdf](http://btn.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1555/u_sam.pdf) – учебно-методический комплекс по гидрогазодинамике.

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

При изучении основных разделов дисциплины, выполнении индивидуальных и практических заданий магистранты используют различное оборудование и персональные компьютеры, применяя навыки компьютерной обработки экспериментальных результатов и технического перевода.

При освоении дисциплины используются технические средства компьютерного класса кафедры ТФ ауд. 242 и лабораторное оборудование ауд. 247 и 001 10 уч. корпуса ТПУ.

Программа составлена на основе Стандарта ООП ТПУ в соответствии с требованиями ФГОС по направлению 14.04.02 ЯДЕРНЫЕ ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИИ магистерской программы ИЗОТОПНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ.

Программа одобрена на заседании кафедры Техническая физика ФТИ (протокол № \_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2016 г.).

Автор:

Видяев Д.Г.

Рецензент:

Вергун А.П.