

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ГИДРОДИНАМИКА

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование,  
эксплуатация и инжиниринг

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экс./зач./КР/КП
7	3	108	32	16	0	24	0	Э
Итого	3	108	32	16	0	0	24	0

## АННОТАЦИЯ

Целью дисциплины является обучение студентов основным методам теплофизических измерений.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения учебной дисциплины является обучение студентов основным методам теплофизических измерений.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения общекультурных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

### 2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

В результате освоения данной дисциплины студент должен знать основные понятия, методы, законы и уравнения гидродинамики, а также их основные следствия применительно к различным гидродинамическим системам, включая ядерные энергетические установки.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно-исследовательский			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки,	ПК-3 [1] - Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических	З-ПК-3[1] - знать методы проведения исследований физических процессов ; У-ПК-3[1] - уметь

установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011	проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок ; В-ПК-3[1] - владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке
производственно-технологический			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок	ПК-9 [1] - Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.033	З-ПК-9[1] - Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; ; У-ПК-9[1] - уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ;; В-ПК-9[1] - владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ.
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной	процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-технические комплексы	ПК-11 [1] - Способен анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.032, 24.033	З-ПК-11[1] - знать правила техники безопасности при проведении монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ; ; У-ПК-11[1] - уметь проводить монтаж, ремонт и демонтаж оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС;; В-ПК-11[1] - владеть навыками монтажных

безопасности	информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок		и демонтажных работ на технологическом оборудовании
--------------	--	--	---

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	<p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками

образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>7 Семестр</i>						
1	Введение. Уравнение движения жидкости. Модели жидкости.	1-8	16/8/0		25	СК-8	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, З-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
2	Ламинарное течение жидкости. Турбулентное течение жидкости.	9-15	16/8/0		25	СК-15	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9,

							3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
	<i>Итого за 7 Семестр</i>		32/16/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 7 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
СК	Семестровый контроль
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>7 Семестр</i>	32	16	0
<b>1-8</b>	<b>Введение. Уравнение движения жидкости. Модели жидкости.</b>	16	8	0
1 - 2	<b>Введение.</b> Задачи гидродинамики ЯЭУ. Способы описания движения жидкости. Теоретические и экспериментальные методы	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		

	исследования в гидродинамике. Современные проблемы гидродинамики.	0	0	0
3 - 4	<b>Уравнение движения жидкости.</b> Поле скоростей силы действующей в потоке жидкости. Уравнения сохранения вещества, импульса, моментов импульса, энергии, уравнение состояния.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
5 - 6	<b>Модели жидкости.</b> Невязкая жидкость. Уравнение Эйлера, уравнение Бернулли. Безвихревое движение невязкой несжимаемой жидкости. Потенциал скорости. Потенциальное обтекание тел. Ньютоновская жидкость. Закон вязкого трения Ньютона. Уравнение Навье-Стокса. Не ньютоновские жидкости. Условия однозначности в гидродинамике.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
7 - 8	<b>Методы анализа размерностей и подобия.</b> Размерные и безразмерные величины. П - теорема. Приведение уравнений к безразмерному виду. Подобие физических процессов. Критерии гидродинамического подобия. Моделирование.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
9-15	<b>Ламинарное течение жидкости. Турбулентное течение жидкости.</b>	16	8	0
9 - 10	<b>Ламинарное течение жидкости.</b> Вязкостный режим течения. Понятие о пограничном слое. Уравнения ламинарного пограничного слоя. Пограничный слой на пластине. Особенности течения в пограничном слое с продольным градиентом давления. Установившееся ламинарное течение жидкости в трубах. Полное гидравлическое сопротивление трубы и канала.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
11 - 12	<b>Турбулентное течение жидкости в каналах.</b> Неустойчивость ламинарного течения и возникновение турбулентности. Уравнения Рейнольдса осредненного турбулентного движения. Полуэмпирическая теория турбулентности Прандтля. Универсальный профиль скорости для течений вблизи гладких и шероховатых поверхностей. Турбулентный пограничный слой. Гидравлическое сопротивление гладких и шероховатых труб. Методы расчета установившихся турбулентных течений в каналах с произвольной формой поперечного сечения. Местные гидравлические сопротивления. Течение жидкости в пористой среде.	Всего аудиторных часов		
		4	2	0
		Онлайн		
13 - 16	<b>Пограничный слой сжимаемого газа при высоких скоростях течения.</b> Уравнения высокоскоростного погрешного слоя. Частные решения уравнения энергии. Адиабатная температура стенки, коэффициент восстановления. Распределение скоростей и температур в пограничном слое. Трение и теплоотдача.	Всего аудиторных часов		
		8	4	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
ЭК	Электронный курс

ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 2	<b>1. Движение невязкой жидкости.</b> Уравнения Эйлера. Уравнение Бернулли. Потенциальное течение. Течение Громеки-Бельтрами.
3 - 4	<b>2. Движение вязкой жидкости.</b> Уравнение Навье-Стокса (УНС). Проекция УНС в декартовых, цилиндрических и сферических координатах. Уравнения ламинарного пограничного слоя. Внешнее обтекание тел. Толщина вытеснения и толщина потери импульса.
5 - 6	<b>3. Ламинарное движение жидкости в трубах и каналах.</b> Потери давления при ламинарном движении в каналах. Расчет полей скорости и давления в каналах различной геометрии. Течение Куэтта в плоской и цилиндрической геометрии. Вращательное движение жидкости в каналах кольцевой геометрии.
7 - 8	<b>4. Методы размерностей и подобия.</b> ПИ - теорема. Приведение уравнений к безразмерному виду. Метод анализа размерностей. Метод преобразования масштабов. Критерии и числа подобия.
9 - 10	<b>5. Турбулентное движение жидкости в каналах ЯЭУ.</b> Универсальный профиль скорости. Турбулентный пограничный слой. Потери давления при турбулентном течении в каналах. Обобщенная формула Дарси.
11 - 12	<b>6. Течение в шероховатых каналах и каналах сложной геометрии.</b> Толщина вязкого подслоя. Понятие шероховатости как гидродинамического параметра. Потери давления в шероховатых трубах. Метод эквивалентной трубы.
13 - 14	<b>7. Гидродинамические расчеты различных элементов ЯЭУ.</b> Гидродинамика активных зон реакторных установок. Методы инженерных расчетов гидродинамики тепловыделяющих сборок ядерных реакторов. Особенности гидродинамики различных частей теплогидравлического тракта.
15	<b>8. Особенности гидродинамики закрученных течений.</b> Влияние закрутки потока на поля скоростей, давлений и температур в энергонапряженных каналах. Интенсификации теплообмена в каналах ЯЭУ за счет

закрутки потока.

## ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>7 Семестр</i>
1 - 2	<b>Введение.</b> Задачи гидродинамики ЯЭУ. Способы описания движения жидкости. Теоретические и экспериментальные методы исследования в гидродинамике. Современные проблемы гидродинамики.
3 - 4	<b>Уравнение движения жидкости.</b> Поле скоростей силы действующей в потоке жидкости. Уравнения сохранения вещества, импульса, моментов импульса, энергии, уравнение состояния.
5 - 6	<b>Модели жидкости.</b> Невязкая жидкость. Уравнение Эйлера, уравнение Бернулли. Безвихревое движение невязкой несжимаемой жидкости. Потенциал скорости. Потенциальное обтекание тел. Ньютоновская жидкость. Закон вязкого трения Ньютона. Уравнение Навье-Стокса. Не ньютоновские жидкости. Условия однозначности в гидродинамике.
7 - 8	<b>Методы анализа размерностей и подобия.</b> Размерные и безразмерные величины. П - теорема. Приведение уравнений к безразмерному виду. Подобие физических процессов. Критерии гидродинамического подобия. Моделирование.
9 - 10	<b>Ламинарное течение жидкости.</b> Вязкостный режим течения. Понятие о пограничном слое. Уравнения ламинарного пограничного слоя. Пограничный слой на пластине. Особенности течения в пограничном слое с продольным градиентом давления. Установившееся ламинарное течение жидкости в трубах. Полное гидравлическое сопротивление трубы и канала.
11 - 12	<b>Турбулентное течение жидкости в каналах.</b> Неустойчивость ламинарного течения и возникновение турбулентности. Уравнения Рейнольдса осредненного турбулентного движения. Полуэмпирическая теория турбулентности Прандтля. Универсальный профиль скорости для течений вблизи гладких и шероховатых поверхностей. Турбулентный пограничный слой. Гидравлическое сопротивление гладких и шероховатых труб. Методы расчета установившихся турбулентных течений в каналах с произвольной формой поперечного сечения. Местные гидравлические сопротивления. Течение жидкости в пористой среде.
13 - 15	<b>Пограничный слой сжимаемого газа при высоких скоростях течения.</b> Уравнения высокоскоростного погрешного слоя. Частные решения уравнения энергии. Адиабатная температура стенки, коэффициент восстановления. Распределение скоростей и температур в пограничном слое. Трение и

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий ( лекции, презентации, встречи с заведующими кафедр и ведущими учеными, разбор конкретных ситуаций, тестирование, выполнение и защита домашнего задания) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-11	З-ПК-11	Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-11	Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-11	Э, СК-8, СК-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-3	Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-3	Э, СК-8, СК-15
ПК-9	З-ПК-9	Э, СК-8, СК-15
	У-ПК-9	Э, СК-8, СК-15
	В-ПК-9	Э, СК-8, СК-15

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической

			литературы.
85-89	4 – «хорошо»	В	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		С	
70-74		Д	
65-69	3 – «удовлетворительно»	Е	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	Ф	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Н99 Hydrodynamic and Mass Transport at Freshwater Aquatic Interfaces : 34th International School of Hydraulics, Cham: Springer International Publishing, 2016
2. 621.039 В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. ЭИ В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
4. ЭИ Д 13 Лекции по гидродинамике : учебное пособие, Москва: Физматлит, 2011
5. ЭИ П64 Элементы гидродинамики : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 С74 Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике Т.2 Ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы, Москва: ИздАТ, 2013
2. 532 П64 Элементы гидродинамики : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

3. 53 Л22 Теоретическая физика Т.6 Гидродинамика, , Москва: Физматлит, 2006
4. 621.039 К69 Гидродинамика ЯЭУ : сборник задач и упражнений, А. С. Корсун, Ю. А. Маслов, О. В. Митрофанов, Москва: МИФИ, 2008
5. ЭИ К 69 Гидродинамика ЯЭУ : сборник задач и упражнений, А. С. Корсун, Ю. А. Маслов, О. В. Митрофанов, Москва: МИФИ, 2008
6. 621.039 Д26 Теплопередача в ЯЭУ : учеб. пособие для вузов, В.И.Деев, Москва: МИФИ, 2004
7. 532 Л72 Механика жидкости и газа : Учебник для вузов, Л. Г. Лойцянский, М.: Дрофа, 2003
8. 532 Л72 Механика жидкости и газа : Учебник для вузов, Л.Г. Лойцянский, М.: Наука, 1987
9. 532 К43 Гидродинамические расчеты : справочное учебное пособие , П. Л. Кириллов, Ю. С. Юрьев, Москва: ИздАТ, 2009
10. 621.039 М31 Моделирование теплогидравлических процессов в реакторных установках и элементах теплообменного оборудования ЯЭУ : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Ю. А. Маслов , И. Г. Меринов, Н. О. Рябов, Москва: МИФИ, 2008

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. Росатом ([www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru))
2. Росэнергоатом (<http://www.rosenergoatom.ru>)
3. ТВЭЛ (<http://www.tvel.ru>)
4. ВЭБ элемент (<http://www.webelements.com>)

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

### **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

### **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

При изучении данного учебного курса необходимо твердо усвоить основные механизмы и законы конвективного теплопереноса, хорошо знать критерии, определяющие перенос тепла и массы в тех или иных конкретных условиях (при естественном или вынужденном движении однофазной среды, при наличии фазовых превращений и т.д.). Используя в расчетах эмпирические формулы, нужно знать, что рекомендуемые зависимости справедливы только в том диапазоне изменения параметров, в котором они были подтверждены опытными данными.

При анализе процессов кипения жидкости на поверхности нагрева очень важным является понятие критического теплового потока, так как в случае превышения его величины, как правило, происходит разрушение теплоотдающей стенки.

При выполнении расчетных работ следует уяснить поставленную задачу, правильно сформулировать ее математическое описание, знать способы решения записанной системы уравнений. При экспериментальном исследовании теплового процесса полезно подробно изучить методы измерения необходимых теплофизических величин или параметров процесса, нужно знать основные характеристики применяемых средств измерений и приборов. Результаты опытов должны обязательно содержать оценку погрешностей проведенных измерений. По итогам работы оформляется отчет, который включает всю полученную информацию в виде схем, формул, таблиц, графиков, а также содержит заключение или выводы.

## **11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Лекционный курс строится по следующему плану: сначала вводятся и обсуждаются основные понятия и исходные положения гидродинамики, излагаются основные законы и уравнения. Потом рассматриваются методы гидродинамики, с помощью которых разбираются важнейшие приложения.

Форма проведения лекционных занятий предполагает, в частности, что студенты углубленно изучают по рекомендуемой преподавателем литературе те разделы лекционного курса, которые не рассматриваются детально на лекциях, но необходимы для дальнейшего изучения курса.

Автор(ы):

Корсун Александр Сергеевич, к.т.н., доцент

Рецензент(ы):

доцент Харитонов В.С., доцент Куценко К.В.