

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Физико-технические проблемы атомной энергетики

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ТЕПЛОГИДРАВЛИКА ЯЭУ**


<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.05</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>3 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>3 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>3 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>3 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>3 семестр - 93,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>3 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов В.И.
	Идентификатор	Rf4bcbd4b-MelikhovVI-7cf385d8

(подпись)


В.И. Мелихов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов О.И.
	Идентификатор	Re9797a97-MelikhovOI-83f385d8

(подпись)

О.И. Мелихов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	<b>Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»</b>	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Аникеев А.В.
	Идентификатор	R64fa5fd7-AnikeevAV-ee466b65

(подпись)

А.В. Аникеев

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Цель освоения дисциплины состоит в изучении законов гидродинамики и теплообмена и их применении к исследованию нестационарных теплогидравлических процессов, протекающих в ходе аварии на АЭС.

### Задачи дисциплины

- Изучение теплогидравлических процессов, протекающих на ядерных энергетических установках;
- Овладение математическими моделями, описывающими теплогидравлические процессы и явления;
- Освоение экспериментальных подходов к исследованию теплогидравлики ядерных энергетических установок;
- Формирование навыков количественного анализа теплогидравлических процессов и явлений.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-2 Способен проводить расчетно-теоретические и экспериментальные исследования теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в энергетическом оборудовании	ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Владеет знаниями в области многофазной теплогидравлики, лежащими в основе современных методов и подходов к исследованию нестационарных теплогидравлических процессов	знать: - Современные компьютерные коды для анализа безопасности АЭС; - Теоретические и экспериментальные основы теплогидравлики; - Основные теплогидравлические процессы и явления, имеющие место на ядерных энергетических установках, и математические методы их моделирования и расчета.  уметь: - Анализировать информацию о новых расчетных и экспериментальных методах исследования теплогидравлики ЯЭУ; - Выполнять расчетное и экспериментальное исследование теплогидравлических процессов; - Определять закономерности теплогидравлических процессов, протекающих на ЯЭУ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Физико-технические проблемы атомной энергетики (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы теории теплообмена
- знать основы гидродинамики

- знать общую структуру кодов, основные физические и математические соотношения, применяемые в них для моделирования динамических процессов на АЭС
- уметь анализировать влияние различных факторов на протекание теплофизических процессов
- уметь составлять математические модели простейших теплофизических явлений

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания		
				Контактная работа							СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль			
КПР	ГК	ИККП	ТК													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
1	Гидравлика	25	3	10	-	-	-	-	-	-	-	15	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Гидравлика"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], гл. 1-2 [6], Глава 1 [7], §1.1-1.3, 1.5</p>		
1.1	Основные физические свойства жидкостей	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-			
1.2	Основы кинематики и динамики жидкости	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-			
1.3	Гидравлический удар	6		2	-	-	-	-	-	-	-	4	-			
1.4	Основы теории подобия, моделирования и анализа размерностей	5		2	-	-	-	-	-	-	-	3	-			
2	Гидродинамика и конвективный теплообмен	40		10	-	-	-	-	-	-	-	-	30		-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Гидродинамика и конвективный теплообмен"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 2-35 [8], Главы 4, 7-10 [9], гл. 5</p>
2.1	Основные положения учения о конвективном теплообмене	8		2	-	-	-	-	-	-	-	6	-			
2.2	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности	8		2	-	-	-	-	-	-	-	6	-			
2.3	Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах	8		2	-	-	-	-	-	-	-	6	-			
2.4	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании	8		2	-	-	-	-	-	-	-	6	-			

	труб и пучков труб												
2.5	Теплоотдача при свободном движении жидкости.	8	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	
3	Двухфазные потоки	43	12	16	-	-	-	-	-	-	15	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Двухфазные потоки" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], п.п. 2, 7 [2], гл. 3 [3], 2-62 [5], п.п. 1-8 [9], гл. 7-9
3.1	Система уравнений сохранения двухфазного потока	3	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
3.2	Площадь межфазной поверхности	14	2	8	-	-	-	-	-	-	4	-	
3.3	Межфазное трение	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-	
3.4	Трение о стенку канала	3	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
3.5	Критическое истечение	3	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
3.6	Противоточные течения	10	2	4	-	-	-	-	-	-	4	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	16	-	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	16	-	2	-	-	0.5	93.5			

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

## 3.2 Краткое содержание разделов

### 1. Гидравлика

#### 1.1. Основные физические свойства жидкостей

Модель сплошной среды. Плотность жидкости. Сжимаемость жидкости. Температурное расширение жидкостей. Вязкость жидкости. Теплопроводность жидкости. Поверхностное натяжение..

#### 1.2. Основы кинематики и динамики жидкости

Основные понятия и определения кинематики и динамики жидкости. Гидравлические элементы потока. Геометрические характеристики потока. Трубка тока и элементарная струйка. Уравнение неразрывности для элементарной струйки. Расход и средняя скорость потока. Уравнение неразрывности потока. Методы исследования движения жидкости. Уравнения Эйлера. Интегрирование уравнения Эйлера для установившегося движения жидкости. Интеграл Бернулли-Эйлера. Уравнение Бернулли. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости. Гидравлические сопротивления. Режимы движения жидкости. Потери напора при равномерном движении жидкости. Способы определения потерь напора при равномерном движении жидкости. Местные гидравлические сопротивления. Потери напора при внезапном расширении трубопровода. Формула Борда..

#### 1.3. Гидравлический удар

Физическая сущность гидравлического удара. Определение ударного давления и скорости распространения ударной волны. Способы гашения и примеры использования гидравлического удара. Конденсационный гидроудар..

#### 1.4. Основы теории подобия, моделирования и анализа размерностей

Основные положения. Законы механического подобия (геометрическое подобие, кинематическое подобие, динамическое подобие). Критерий Ньютона. Гидродинамические критерии подобия. Критерии Рейнольдса, Фруда, Вебера. Физическое моделирование. Анализ размерностей, пи-теорема. Пример: движение сферы в жидкости..

### 2. Гидродинамика и конвективный теплообмен

#### 2.1. Основные положения учения о конвективном теплообмене

Основные понятия и определения. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Уравнение энергии. Уравнения движения. Уравнение сплошности. Условия однозначности. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Условия прилипания. Уравнение теплоотдачи. Гидродинамический пограничный слой. Тепловой пограничный слой. Турбулентный перенос теплоты и количества движения. Осредненное и пульсационное течения. Перенос теплоты и количества движения в турбулентном потоке. Система уравнений турбулентного пограничного слоя..

#### 2.2. Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности

Интегральные уравнения пограничного слоя. Уравнение теплового потока. Уравнение импульсов. Физический смысл интегралов. Теплоотдача при ламинарном пограничном слое. Аппроксимация профиля скорости. Аппроксимация профиля температуры. Толщина теплового пограничного слоя. Коэффициент теплоотдачи. Переход ламинарного течения в турбулентное. Теплоотдача при турбулентном пограничном слое. Профиль скорости в турбулентном пограничном слое. Профиль температуры в турбулентном пограничном слое. Коэффициент теплоотдачи..

### 2.3. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах

Особенности движения и теплообмена в трубах. Участок гидродинамической стабилизации. Участок тепловой стабилизации. Коэффициент теплоотдачи трубы. Интегральное уравнение теплоотдачи для стабилизированного теплообмена. Теплоотдача при течении жидкости в гладких трубах круглого поперечного сечения. Теплоотдача при ламинарном режиме. Теплоотдача при турбулентном режиме. Теплоотдача при переходном режиме..

### 2.4. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб

Теплоотдача при поперечном омывании одиночной круглой трубы. Характер течения. Коэффициент теплоотдачи. Теплоотдача при поперечном омывании пучков труб. Характер течения жидкости в пучке. Коэффициент теплоотдачи..

### 2.5. Теплоотдача при свободном движении жидкости.

Основные положения. Теплоотдача при свободном движении жидкости в большом объеме. Теплоотдача при свободном ламинарном движении жидкости вдоль вертикальной пластины. Теплоотдача при свободном турбулентном движении жидкости вдоль вертикальной пластины. Теплоотдача при переходном режиме свободного движения вдоль вертикальной пластины. Теплоотдача при свободном движении около горизонтальной трубы..

## 3. Двухфазные потоки

### 3.1. Система уравнений сохранения двухфазного потока

Пространственно-временное осреднение параметров. Вывод уравнений сохранения массы двухфазного потока (двухскоростное двухтемпературное приближение). Вывод уравнений сохранения импульса двухфазного потока (двухскоростное двухтемпературное приближение). Вывод уравнений сохранения энергии двухфазного потока (двухскоростное двухтемпературное приближение). Общие принципы построения замыкающих соотношений. Карты режимов течения двухфазного потока..

### 3.2. Площадь межфазной поверхности

Пузырьковый/дисперсный режим. Снарядный режим. Дисперсно-кольцевой режим. Расслоенный режим..

### 3.3. Межфазное трение

Влияние профилей скорости и паросодержания на эффективное скольжение фаз. Модель потока дрейфа Зубера-Финдлея..

### 3.4. Трение о стенку канала

Описание трения фаз о стенку канала. Двухфазная среда. Потери на местных сопротивлениях. Двухфазная среда..

### 3.5. Критическое истечение

Уравнение первого закона термодинамики для потока. Скорость звука. Критическое истечение однофазной среды. Критическое истечение двухфазной среды..

### 3.6. Противоточные течения

Противоточные течения. Явление «захлебывания». Соотношения для определения границы захлебывания. Корреляции Уоллиса, Кутателадзе, Бэнкофа..



### **3.3. Темы практических занятий** не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Карта режимов двухфазного потока в вертикальном канале;
2. Карта режимов двухфазного потока в горизонтальном канале;
3. Противоточные течения. Захлебывание.;
4. Барботаж пара. Парораспределительный щит..

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов раздела "Гидравлика"
2. Обсуждение материалов раздела "Гидродинамика и конвективный теплообмен"
3. Обсуждение материалов раздела "Двухфазные потоки"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
<b>Знать:</b>					
Основные теплогидравлические процессы и явления, имеющие место на ядерных энергетических установках, и математические методы их моделирования и расчета	ИД-4ПК-2		+	+	Контрольная работа/Уравнения двухфазного потока. Площадь межфазной поверхности. Межфазное трение. Критическое истечение
Теоретические и экспериментальные основы теплогидравлики	ИД-4ПК-2	+	+		Контрольная работа/Основные физические свойства жидкостей. . Основы кинематики и динамики жидкости. Гидравлический удар в трубах
Современные компьютерные коды для анализа безопасности АЭС	ИД-4ПК-2		+	+	Контрольная работа/Уравнения конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои
<b>Уметь:</b>					
Определять закономерности теплогидравлических процессов, протекающих на ЯЭУ	ИД-4ПК-2		+	+	Контрольная работа/Уравнения конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои
Выполнять расчетное и экспериментальное исследование теплогидравлических процессов	ИД-4ПК-2	+	+		Контрольная работа/Основные физические свойства жидкостей. . Основы кинематики и динамики жидкости. Гидравлический удар в трубах
Анализировать информацию о новых расчетных и экспериментальных методах исследования теплогидравлики ЯЭУ	ИД-4ПК-2		+	+	Контрольная работа/Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Основные физические свойства жидкостей. Основы кинематики и динамики жидкости. Гидравлический удар в трубах (Контрольная работа)
2. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб (Контрольная работа)
3. Уравнения двухфазного потока. Площадь межфазной поверхности. Межфазное трение. Критическое истечение (Контрольная работа)
4. Уравнения конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №3)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Мелихов, В. И. Режимы течения двухфазных потоков теплоносителя ядерных энергетических установок : учебное пособие для вузов по профилю "Атомные электрические станции и установки" направления "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. И. Мелихов, О. И. Мелихов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 72 с. - ISBN 978-5-7046-1582-2 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7692;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7692)

2. Мелихов, В. И. Основы механики двухфазных потоков : учебное пособие для вузов / В. И. Мелихов, О. И. Мелихов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 60 с. - ISBN 978-5-7046-1734-1 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8484;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8484)

3. Лабораторные работы по курсу "Теплогидравлика ЯЭУ" : учебное пособие по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / О. И. Мелихов, В. И. Мелихов, С. М. Никонов, Ю. В. Парфенов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2016 . – 64 с. - ISBN 978-5-7046-1752-5 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8200;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=8200)

4. Экспериментально-расчетные исследования процессов перемешивания теплоносителя в проточном тракте реактора ВВЭР : лабораторный практикум / В. И. Мелихов, [и др.], Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2017 . – 36 с. - ISBN 978-5-7046-1880-5 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9420](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=9420);
5. Мелихов, В. И. Двухжидкостная модель течения теплоносителя в ЯЭУ. Часть 1 : учебное пособие по курсу "Теплогидравлика ЯЭУ" по направлению 14.04.01 "Ядерная энергетика и теплофизика", профилю подготовки "Физико-технические проблемы атомной энергетики" / В. И. Мелихов, О. И. Мелихов, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2018 . – 75 с. - ISBN 978-5-7046-1923-9 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10305](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10305);
6. Кириллов, П. Л. Тепломассообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов по специальности "Атомные электрические станции и установки" / П. Л. Кириллов, Г. П. Богословская . – 2-е изд., перераб . – М. : Энергоатомиздат, 2008 . – 256 с. - ISBN 978-5-86656-210-7 .;
7. Кириллов, П. Л. Гидродинамические расчеты: справочник : учебное пособие для вузов по специальностям "Атомные электрические станции и установки", "Ядерные реакторы и энергетические установки" / П. Л. Кириллов, Ю. С. Юрьев . – М. : ИздАТ, 2009 . – 216 с. - ISBN 978-5-86656-218-3 .;
8. Исаченко, В. П. Теплопередача : Учебник для энергетических вузов и факультетов / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел . – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергия, 1975 . – 488 с.;
9. Ягов В.В.- "Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях",  
Издательство: "МЭИ", Москва, 2014 - (542 с.)  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383008546.html>.

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. MathCad.

## **5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:**

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
7. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ -  
<https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
11. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
12. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» -  
<https://uisrussia.msu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Т-320, Учебная аудитория	стол, стул, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Т-320а, Лаборатория теплогидравлики ЯЭУ	стол, стул, шкаф
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-317, Помещение учебно-вспомогательного персонала	стол, стул, шкаф, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Теплогидравлика ЯЭУ

(название дисциплины)

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Основные физические свойства жидкостей. . Основы кинематики и динамики жидкости. Гидравлический удар в трубах (Контрольная работа)
- КМ-2 Уравнения конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои (Контрольная работа)
- КМ-3 Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах. Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб (Контрольная работа)
- КМ-4 Уравнения двухфазного потока. Площадь межфазной поверхности. Межфазное трение. Критическое истечение (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	15
1	Гидравлика					
1.1	Основные физические свойства жидкостей		+			
1.2	Основы кинематики и динамики жидкости		+			
1.3	Гидравлический удар		+			
1.4	Основы теории подобия, моделирования и анализа размерностей		+			
2	Гидродинамика и конвективный теплообмен					
2.1	Основные положения учения о конвективном теплообмене		+	+	+	+
2.2	Теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности		+	+	+	+
2.3	Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах		+	+	+	+
2.4	Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании труб и пучков труб		+	+	+	+
2.5	Теплоотдача при свободном движении жидкости.		+	+	+	+
3	Двухфазные потоки					
3.1	Система уравнений сохранения двухфазного потока			+	+	+

3.2	Площадь межфазной поверхности		+	+	+
3.3	Межфазное трение		+	+	+
3.4	Трение о стенку канала		+	+	+
3.5	Критическое истечение		+	+	+
3.6	Противоточные течения		+	+	+
Вес КМ, %:		25	25	25	25