

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

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ГИДРОДИНАМИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

<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.04</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>7 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>7 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>7 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>7 семестр - 77,5 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>Тестирование</b> <b>Расчетно-графическая работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2021**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810

(подпись)

К.А. Плешанов

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810

(подпись)

К.А. Плешанов

(расшифровка  
подписи)

Заведующий выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
	Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810

(подпись)

К.А. Плешанов

(расшифровка  
подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение физических процессов, происходящих при движении среды в элементах энергетических установках, и их влияния на надежность работы оборудования.

### Задачи дисциплины

- особенности стационарного движения в трубных элементах и проблемы надёжности, с ними связанные;
- изучить физические процессы, происходящие в контуре естественной циркуляции, способы их описания и проблемы обеспечения надёжности элементов энергетических установок;
- приобрести умение рассчитать надёжность контура естественной циркуляции и определить влияние различных факторов на его работу;
- изучить физические процессы, происходящие при принудительном движении среды в элементах с принудительным движением среды, рекомендации по проектированию различных элементов энергетических установок.

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-1 Способен к конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения	ИД-3ПК-1 Выполняет расчеты элементов объектов профессиональной деятельности	уметь: - рассчитать характеристики среды и надёжность контура естественной циркуляции и определить влияние различных факторов на его работу.
ПК-2 Способен принимать и обосновывать конкретные технические решения при создании объектов энергетического машиностроения	ИД-4ПК-2 Демонстрирует знание закономерностей процессов, происходящих в объектах профессиональной деятельности	знать: - физические процессы, происходящие при принудительном движении среды в элементах с принудительным движением среды, рекомендации по проектированию различных элементов энергетических установок; - физические процессы, происходящие в контуре естественной циркуляции, способы их описания и проблемы обеспечения надёжности элементов энергетических установок; - особенности стационарного движения в трубных элементах и проблемы надёжности, с ними связанные.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Котлы, камеры сгорания и парогенераторы АЭС (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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	1. Стационарное движение однофазных и двухфазных сред в трубных элементах	20	7	6	-	6	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "1. Стационарное движение однофазных и двухфазных сред в трубных элементах" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 8-20, 26-30, 66-69, 78-81
1.1	1. Стационарное движение однофазных и двухфазных сред в трубных элементах	20		6	-	6	-	-	-	-	-	8	-	
2	2. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией среды	52		14	-	14	-	-	-	-	-	24	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "2. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией среды" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 50-57, 81-87 [2], 22-25, 42-50, 57-60, 87-99
2.1	2. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией среды	52		14	-	14	-	-	-	-	-	24	-	
3	3. Гидродинамика систем с принудительным движением среды. Рекомендации по проектированию гидравлических систем	36		12	-	12	-	-	-	-	-	12	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "3. Гидродинамика систем с принудительным движением среды. Рекомендации по проектированию гидравлических систем" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 50-57, 81-87 [3], 131-142
3.1	3. Гидродинамика систем с принудительным	36	12	-	12	-	-	-	-	-	12	-		

	движением среды. Рекомендации по проектированию гидравлических систем												
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	32	2	-	-	0.5	77.5			

**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. 1. Стационарное движение однофазных и двухфазных сред в трубных элементах

##### 1.1. 1. Стационарное движение однофазных и двухфазных сред в трубных элементах

Структура двухфазных потоков пароводяной среды при различных параметрах для вертикальной и горизонтальной труб. Характеристики и параметры двухфазных сред. Расчётные формулы. Расчёт средних характеристик для обогреваемых элементов. Условия работы элементов пароводяного тракта, коэффициенты разверки, неравномерности, конструктивной нетождественности. Гидравлические сопротивления элементов при установившемся течении среды в условиях обогрева для одно- и двухфазной сред. Расчёт гидравлических сопротивлений сложных систем. Коллекторный эффект..

#### 2. 2. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией среды

##### 2.1. 2. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией среды

Физическая сущность принципа естественной циркуляции. Кратность циркуляции. Движущий и полезный напоры. Особенности расчёта отдельных участков контура циркуляции. Решение уравнения циркуляции. Полная диаграмма циркуляции. Надёжность циркуляции. Особенности расчёта естественной циркуляции в ПГ АЭС. Многократная принудительная циркуляция. Закономерность перехода примесей из воды в пар. Методы получения чистого пара: ступенчатое испарение, промывка пара и сепарация пара. Основы гравитационно-осадительной и инерционной сепарации. Непрерывная и периодическая продувка. Конструкции барабанов и сепарационных устройств..

#### 3. 3. Гидродинамика систем с принудительным движением среды. Рекомендации по проектированию гидравлических систем

##### 3.1. 3. Гидродинамика систем с принудительным движением среды. Рекомендации по проектированию гидравлических систем

Гидравлическая нестабильность парогенерирующих змеевиков и их гидравлические характеристики. Влияние различных факторов на гидравлическую характеристику змеевиков. Построение гидравлических характеристик парогенерирующих систем. Гидродинамические характеристики  $U$  и  $P$  элементов. Влияние различных факторов. Построение гидродинамических характеристик сложных компоновок змеевиков. Устойчивость движения среды в парогенерирующих элементах и факторы, повышающие устойчивость. Методы повышающие надёжность работы парообразующих элементов. Пульсации потока пароводяной смеси в трубных элементах и методы борьбы с ними..

### **3.3. Темы практических занятий**

1. 3. Гидродинамика систем с принудительным движением среды. Рекомендации по проектированию гидравлических систем;
2. 2. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией среды;
3. 1. Стационарное движение однофазных и двухфазных сред в трубных элементах.

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "1. Стационарное движение однофазных и двухфазных сред в трубных элементах"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "2. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией среды"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "3. Гидродинамика систем с принудительным движением среды. Рекомендации по проектированию гидравлических систем"

### **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>					
особенности стационарного движения в трубных элементах и проблемы надёжности, с ними связанные	ИД-4ПК-2	+			Тестирование/Тест «Стационарное движение в трубных элементах»
физические процессы, происходящие в контуре естественной циркуляции, способы их описания и проблемы обеспечения надёжности элементов энергетических установок	ИД-4ПК-2		+		Тестирование/Тест «Естественная циркуляция. Методы получения чистого пара»
физические процессы, происходящие при принудительном движении среды в элементах с принудительным движением среды, рекомендации по проектированию различных элементов энергетических установок	ИД-4ПК-2			+	Тестирование/Тест «Принудительная циркуляция. Рекомендации по проектированию гидравлических систем»
<b>Уметь:</b>					
рассчитать характеристики среды и надёжность контура естественной циркуляции и определить влияние различных факторов на его работу	ИД-3ПК-1		+		Расчетно-графическая работа/Выполнение расчётного задания /Защита расчётно-графической работы Расчетно-графическая работа/Своевременное выполнение расчёта напорного паросодержания в расчётном задании



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

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

**7 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Защита расчётно-графической работы ()

Форма реализации: Письменная работа

1. Тест «Естественная циркуляция. Методы получения чистого пара» (Тестирование)
2. Тест «Принудительная циркуляция. Рекомендации по проектированию гидравлических систем» (Тестирование)
3. Тест «Стационарное движение в трубных элементах» (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение расчётного задания (Расчётно-графическая работа)

Форма реализации: Соблюдение графика выполнения задания

1. Своевременное выполнение расчёта напорного паросодержания в расчётном задании (Расчётно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Экзамен (Семестр №7)

В диплом выставляется оценка за 7 семестр.

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

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

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

1. Плешанов, К. А. Исследование работы контура естественной циркуляции : учебное пособие по курсу "Гидродинамика энергетических установок" по направлению "Энергетическое машиностроение" / К. А. Плешанов, Д. А. Хохлов . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 48 с. - ISBN 978-5-7046-1563-7 .  
[http://elibrary.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7271](http://elibrary.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=7271);
2. Гидравлический расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / и др. ; Ред. В. А. Локшин . – М. : Энергия, 1978 . – 256 с.;
3. П. А. Петров- "Гидродинамика прямоточного котла", Издательство: "Государственное энергетическое издательство", Москва, Ленинград, 1960 - (168 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=222572>.

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

1. Boiler Designer.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
5. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
6. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
7. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
8. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
9. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
10. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
11. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
12. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
13. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Х-401, Компьютерный класс, мультимедийная учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки звуковые, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Х-401, Компьютерный класс, мультимедийная учебная лаборатория	парта, стол преподавателя, стол компьютерный, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки звуковые, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	Д-323, Помещение каф. МиПЭУ	стол, стул, шкаф
Помещения для консультирования	Д-320, Кабинет сотрудников каф. "МиПЭУ"	рабочее место сотрудника, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, компьютер персональный, принтер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Д-305, Склад кафедры МиПЭУ	стул, шкаф



## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Гидродинамика энергетических установок

(название дисциплины)

#### 7 семестр

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

- КМ-1 Тест «Стационарное движение в трубных элементах» (Тестирование)
- КМ-2 Своевременное выполнение расчёта напорного паросодержания в расчётном задании (Расчётно-графическая работа)
- КМ-3 Тест «Естественная циркуляция. Методы получения чистого пара» (Тестирование)
- КМ-4 Выполнение расчётного задания (Расчётно-графическая работа)
- КМ-5 Тест «Принудительная циркуляция. Рекомендации по проектированию гидравлических систем» (Тестирование)
- КМ-6 Защита расчётно-графической работы

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	3	8	10	12	15	16
1	1. Стационарное движение однофазных и двухфазных сред в трубных элементах							
1.1	1. Стационарное движение однофазных и двухфазных сред в трубных элементах		+					
2	2. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией среды							
2.1	2. Гидродинамика систем с естественной циркуляцией среды			+	+	+		+
3	3. Гидродинамика систем с принудительным движением среды. Рекомендации по проектированию гидравлических систем							
3.1	3. Гидродинамика систем с принудительным движением среды. Рекомендации по проектированию гидравлических систем						+	
Вес КМ, %:			15	15	15	15	15	25