

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Атомные электростанции и установки

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ПАРОГЕНЕРАТОРЫ АЭС**

<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.08</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>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>7 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2024**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Никонов С.М.
	Идентификатор	R7ec65784-NikonovSM-8045003e

С.М. Никонов


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

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

В.И. Мелихов

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Хвостова М.С.
	Идентификатор	R5ead212f-KhvostovaMS-a4cf11ca

М.С. Хвостова

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение конструкций парогенераторов, теплофизических и физико-химических процессов, происходящих в парогенераторе и их влияния на конструктивные особенности.

### Задачи дисциплины

- Изучение теплогидравлических и физико-химических процессов в объеме парогенерирующих устройств;
- Получение навыков по выбору конструкционных параметров парогенераторов на основе протекающих теплофизических процессов;
- Получение навыков принятия и обоснования конкретных технических решений при проектировании парогенераторов АЭС;
- Получение навыков по проектированию и тепловому расчету ПГ.

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 расчеты характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах АЭС и других энергетических установок	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Демонстрирует умение использования стандартных методик расчетов характеристик процессов протекающих в оборудовании АЭС	уметь: - Проводить расчет стоимости ПГ и определение оптимальной скорости теплоносителя; - Проводить расчеты баланса тепла ПГ; - Рассчитывать теплогидравлические характеристики ПГ; - Проводить расчеты материального баланса примесей рабочей среды.
ПК-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Владеет навыками принятия и обоснования конкретных технических решений при конструировании оборудования АЭС	знать: - Основные характеристики ПГ АЭС.
ПК-3 Способен к участию в эксплуатации и проектировании основного оборудования атомных электростанций и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы	ИД-4 <sub>ПК-3</sub> Демонстрирует понимание процессов, происходящих в оборудовании АЭС и их влияния на конструктивные особенности	знать: - Влияние процессов, протекающих в ПГ на надежность и экономичность основного оборудования АЭС; - Принципы выбора конструктивной схемы; - Методы получения чистого пара; - Конструкционные материалы и расчет деталей парогенератора на прочность.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Атомные электростанции и установки (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные принципы теплообмена
- знать методики расчета процессов теплопроводности в элементах конструкций, теплообмена при свободной и вынужденной конвекции, двухфазного теплообмена, радиационного теплообмена
- уметь самостоятельно анализировать процессы теплообмена, термодинамические процессы и циклы

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	Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики парогенератора.	8	7	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики парогенератора." <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики парогенератора." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики парогенератора." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики</p>
1.1	Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики парогенератора.	8		4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	

													парогенератора." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], стр. 4-18
2	Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам.	16	4	-	6	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам." <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 128-140 [6], стр. 26-95
2.1	Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам.	16	4	-	6	-	-	-	-	-	6	-	Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр. 128-140 [6], стр. 26-95
3	Способы передачи тепла в парогенераторе. Виды теплоносителей.	16	4	-	6	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Способы передачи тепла в парогенераторе. Виды теплоносителей."

3.1	Способы передачи тепла в парогенераторе. Виды теплоносителей.	16		4	-	6	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Способы передачи тепла в парогенераторе. Виды теплоносителей." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Способы передачи тепла в парогенераторе. Виды теплоносителей." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Способы передачи тепла в парогенераторе. Виды теплоносителей."</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], стр. 19-25</p>
4	Процессы, протекающие при производстве пара.	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<p><b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Процессы, протекающие при производстве пара." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Процессы, протекающие при производстве</p>
4.1	Процессы, протекающие при производстве пара.	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<p>Процессы, протекающие при производстве пара." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Процессы, протекающие при производстве</p>

														пара." <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Процессы, протекающие при производстве пара." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Процессы, протекающие при производстве пара." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], стр. 8-130 [6], стр. 102-108
5	Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена." <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение	
5.1	Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-		



														дополнительного материала по разделу "Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена."
6	Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов." <b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], стр. 315-399 [6], стр. 97-102
6.1	Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	-	

7	Расчет и проектирование парогенератора.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Расчет и проектирование парогенератора." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам.
7.1	Расчет и проектирование парогенератора.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Расчет и проектирование парогенератора." <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Расчет и проектирование парогенератора." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчет и проектирование парогенератора." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр. 3-14 [4], стр. 3-222 [7], стр. 99-103
8	Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов."
8.1	Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения профессиональных задач. Домашнее задание выдается студентам по изученному в разделе "Надежность работы парогенератора,

														вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов." материалу. Дополнительно студенту необходимо изучить литературу и разобрать примеры выполнения подобных заданий. Проверка домашнего задания проводится по представленным письменным работам. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], стр. 317-323
	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; КПП – 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. Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики парогенератора.

1.1. Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики парогенератора.

Понятие парогенератора. Место парогенератора в схеме АЭС. Основные характеристики ПГ. Классификация ПГ..

#### 2. Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам.

2.1. Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам.

Конструктивные особенности ПГ АЭС в зависимости от типа РУ. Реакторные установки кипящего типа. Водно-водяные реакторы некипящего типа. Особенности конструктивных схем ПГ с водой под давлением. Особенности конструктивных схем ПГ обогреваемых жидкими металлами. Основные требования к ПГ..

#### 3. Способы передачи тепла в парогенераторе. Виды теплоносителей.

3.1. Способы передачи тепла в парогенераторе. Виды теплоносителей.

Способы передачи тепла. Виды теплоносителей: высокотемпературные, среднетемпературные, низкотемпературные. Группы свойств, учитываемые при выборе теплоносителя: нейтронно-физические, теплофизические, физико-химические, технико-экономические. Вода и тяжелая вода как теплоноситель. Органические теплоносители. Газовые и жидкометаллические теплоносители. Особенности конструктивных схем..

#### 4. Процессы, протекающие при производстве пара.

4.1. Процессы, протекающие при производстве пара.

Особенности теплообмена при кипении в ПГ. Конвективный теплообмен. Компоновка теплопередающей поверхности. Теплообмен при кипении. Режимы течения (структура течения) при нагревании жидкости в канале. Значения коэффициента теплоотдачи при различных режимах. Сепарация пара в ПГ. Механизм выноса влаги. Способы выравнивания паровой нагрузки..

#### 5. Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена.

5.1. Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена.

Уравнение движения двухфазного потока в трубах. Расходные параметры двухфазного потока. Истинные характеристики двухфазного потока. Истинное объемное паросодержание. Расчет по различным моделям. Графическая интерпретация. Подъемное, опускное и противоточное движение фаз применительно к ПГ АЭС..

#### 6. Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов.

6.1. Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов.

Основные проблемы физико-химических процессов в ПГ АЭС. Классификация примесей. Постоянная и периодическая продувка. Оптимизация продувки. Баланс примесей в ПГ АЭС по 2 контуру. Концепция ступенчатого испарения. Водный режим многоступенчатой схемы

испарения. Макрораспределение примесей по кипящему объему в ПГ. Микрораспределение примесей вблизи теплопередающей стенки. Распределение примесей в переходных процессах. Поведение шлама в объеме ПГ..

### 7. Расчет и проектирование парогенератора.

#### 7.1. Расчет и проектирование парогенератора.

Тепловой расчет: определение тепловой мощности и расхода теплоносителя, определение площади теплопередающей поверхности, расчет коэффициента теплоотдачи от теплоносителя к стенке труб, расчет коэффициента теплоотдачи от стенки труб поверхности теплообмена к рабочему телу на входе, расчет коэффициента теплоотдачи от стенки труб поверхности теплообмена к рабочему телу на выходе. Конструкционный расчет ПГ: длина и масса труб теплопередающей поверхности, расчет коллекторов теплоносителя, геометрические размеры и масса коллекторов, расчет корпуса, расчет массы корпуса и массы ПГ. Расчет сепарационных устройств: расчет погружного дырчатого листа, расчет гравитационной сепарации. Гидравлический расчет ПГ: гидравлическое сопротивление по тракту теплоносителя, гидравлическое сопротивление по тракту рабочего тела, доля мощности главного циркуляционного насоса и питательных насосов..

### 8. Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов.

#### 8.1. Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов.

Естественная и принудительная циркуляция в ПГ АЭС. Достоинства и недостатки. Организованный и неорганизованный контура циркуляции. Основные требования к ПГ при проектировании, монтаже, эксплуатации и ремонте..

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

1. Расчет распределения примесей в объеме парогенераторе без-, и со ступенчатым испарением.;
2. Определение величин перепадов давления при движении одно-, и двухфазных потоков. Гомогенное приближение. Истинные параметры.;
3. Работа с чертежами различных типов парогенераторов.;
4. Влияние параметров парогенератора на его паропроизводительность (изменение давления, образование оксидных пленок, рост отложений).;
5. Расчет макро-, и микрораспределения примесей по объему парогенератора и вблизи теплопередающей стенки. Оценка кратности концентрирования.;
6. Поиск оптимального выбора точек продувки и их координат.;
7. Естественная циркуляция в парогенераторе. Расчет (оценка) скоростей циркуляции и паросодержания в организованном и неорганизованном контурах циркуляции.;
8. T-Q – диаграмма. Температурные напоры. Среднелогарифмический температурный напор. Расчет коэффициента теплопередачи.;
9. Расчет истинных характеристик двухфазного потока при подъемном, опускном и противоточном движении фаз.;
10. Расчет параметров прямооточного парогенерирующего канала. Определение длин участков: входного, испарительного, пароперегревательного.;
11. Определение площади теплопередающей поверхности.;
12. Расчет коэффициентов теплоотдачи при конвективном теплообмене и при кипении. Выбор расчетных выражений.;
13. Составление материальных и тепловых балансов по I-му и II-му контурам

парогенератора.;

14. Расчет расходных и истинных характеристик двухфазного потока. Коэффициент скольжения, относительная скорость пара.;

15. Сепарация пара в паровом объеме парогенератора. Расчет скорости витания капли, спектр капель, скорость осаждения. Определение необходимости установки жалюзийного сепаратора.;

16. Конструктивные особенности парогенератора в зависимости от типа реактора. Выбор числа петель, тепловая мощность..

### **3.4. Темы лабораторных работ**

не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики парогенератора."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам."
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Способы передачи тепла в парогенераторе. Виды теплоносителей."
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Процессы, протекающие при производстве пара."
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена."
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов."
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчет и проектирование парогенератора."
8. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов."

### **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	4	5	6	7	8		
<b>Знать:</b>											
Основные характеристики ПГ АЭС	ИД-2пк-3	+									Тестирование/Основные характеристики парогенератора
Влияние процессов, протекающих в ПГ на надежность и экономичность основного оборудования АЭС	ИД-4пк-3									+	Тестирование/Принципы естественной безопасности
Принципы выбора конструктивной схемы	ИД-4пк-3		+								Тестирование/Конструктивные особенности различных типов парогенераторов
Методы получения чистого пара	ИД-4пк-3				+						Тестирование/Методы получения чистого пара
Конструкционные материалы и расчет деталей парогенератора на прочность	ИД-4пк-3			+							Тестирование/Основные конструкции ПГ
<b>Уметь:</b>											
Проводить расчеты баланса тепла ПГ	ИД-1пк-2								+		Контрольная работа/Тепловой расчет парогенератора
Рассчитывать теплогидравлические характеристики ПГ	ИД-1пк-2					+					Контрольная работа/t,Q-диаграмма парогенератора Контрольная работа/Расчет характеристик двухфазного потока
Проводить расчеты материального баланса примесей рабочей среды	ИД-1пк-2						+				Контрольная работа/Микро- и макрораспределение примесей в парогенераторе
Проводить расчет стоимости ПГ и определение оптимальной скорости теплоносителя	ИД-1пк-2	+									Контрольная работа/Определение оптимальной скорости теплоносителя

## **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: Письменная работа

1. Конструктивные особенности различных типов парогенераторов (Тестирование)
2. Методы получения чистого пара (Тестирование)
3. Микро- и макрораспределение примесей в парогенераторе (Контрольная работа)
4. Определение оптимальной скорости теплоносителя (Контрольная работа)
5. Основные конструкции ПГ (Тестирование)
6. Основные характеристики парогенератора (Тестирование)
7. Принципы естественной безопасности (Тестирование)
8. Расчет характеристик двухфазного потока (Контрольная работа)
9. Тепловой расчет парогенератора (Контрольная работа)
10.  $t, Q$ -диаграмма парогенератора (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

Экзамен (Семестр №7)

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

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. Быстрицкий, Г. Ф. Общая энергетика (производство тепловой и электрической энергии) : учебник для вузов по направлениям "Электротехника, электромеханика и электротехнологии", "Электроэнергетика" / Г. Ф. Быстрицкий, Г. Г. Гасангаджиев, В. С. Кожиченков . – 2-е изд., стер . – М. : КноРус, 2015 . – 408 с. – (Бакалавриат) . - ISBN 978-5-406-04328-8 .;
2. Парогенераторы АЭС : методические указания для курсового проектирования по курсу "Парогенераторы АЭС" по направлению "Атомные электрические станции и установки" / В. И. Горбуров, В. П. Дик, С. В. Иванов, Р. П. Ануркин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2015 . – 15 с.  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=6979>;
3. Теплоэнергетика и теплотехника : справочник : в 4 кн. / Общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин . – 4-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . - ISBN 978-5-383-00015-1 .  
Кн.3 : Тепловые и атомные электростанции / М. С. Алхутов, и др. ; Общ. ред. А. В. Клименко, В. М. Зорин . – 2007 . – 648 с. - ISBN 978-5-383-00018-2 .  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4275>;



4. Александров, А. А. Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики : справочник / А. А. Александров, К. А. Орлов, В. Ф. Очков . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 224 с. - ISBN 978-5-383-00405-0 .;
5. Иванов, С. В. Совершенствование регламента проведения продувки в режимах останова блока с РБМК на основе динамики распределения примесей: 05.14.03 - Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации : диссертация кандидата технических наук / С. В. Иванов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М., 2010 . – 155 с.  
<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=865>;
6. Рассохин, Н. Г. Парогенераторные установки атомных электростанций : Учебник для вузов по специальности "Атомные электрические станции" / Н. Г. Рассохин . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Атомиздат, 1980 . – 360 с.;
7. С. С. Кутателадзе, В. М. Боришанский- "Справочник по теплопередаче", Издательство: "Госэнергоиздат", Москва, Ленинград, 1958 - (413 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=257440>.

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

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

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibr.mpei.ru/login.php>
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. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
13. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
14. 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	Т-321, Учебная аудитория	стеллаж, стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран,

контроля		доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-305, Учебная аудитория	стол, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, доска маркерная
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-201, 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

## Парогенераторы АЭС

(название дисциплины)

## 7 семестр

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

- КМ-1 Основные характеристики парогенератора (Тестирование)  
 КМ-2 Принципы естественной безопасности (Тестирование)  
 КМ-3 t,Q-диаграмма парогенератора (Контрольная работа)  
 КМ-4 Основные конструкции ПГ (Тестирование)  
 КМ-5 Расчет характеристик двухфазного потока (Контрольная работа)  
 КМ-6 Тепловой расчет парогенератора (Контрольная работа)  
 КМ-7 Микро- и макрораспределение примесей в парогенераторе (Контрольная работа)  
 КМ-8 Конструктивные особенности различных типов парогенераторов (Тестирование)  
 КМ-9 Методы получения чистого пара (Тестирование)  
 КМ-10 Определение оптимальной скорости теплоносителя (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ -1	КМ -2	КМ -3	КМ -4	КМ -5	КМ -6	КМ -7	КМ -8	КМ -9	КМ -10
		Неделя КМ:	4	4	6	8	8	10	12	14	15	16
1	Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики парогенератора.											
1.1	Место парогенератора в тепловой схеме АЭС. Основные характеристики парогенератора.		+									+
2	Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам.											
2.1	Конструктивные схемы парогенераторов. Требования к парогенераторам.									+		
3	Способы передачи тепла в											

	парогенераторе. Виды теплоносителей.										
3.1	Способы передачи тепла в парогенераторе. Виды теплоносителей.				+						
4	Процессы, протекающие при производстве пара.										
4.1	Процессы, протекающие при производстве пара.									+	
5	Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена.										
5.1	Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена.			+		+					
6	Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов.										
6.1	Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов.							+			
7	Расчет и проектирование парогенератора.										
7.1	Расчет и проектирование парогенератора.						+				
8	Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов.										
8.1	Надежность работы парогенератора,		+								

	вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов.										
	Вес КМ, %:	5	5	15	5	15	15	15	5	5	15