

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

**Москва 2022**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

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

В.И. Мелихов


**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-KhvastovaMS-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-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: - Конструкционные материалы и расчет деталей парогенератора на прочность; - Методы получения чистого пара; - Принципы выбора конструктивной схемы; - Влияние процессов, протекающих в ПГ на надежность и экономичность основного оборудования АЭС.
ПК-4 Способен проводить расчеты характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах АЭС и других энергетических установок	ИД-1 <sub>ПК-4</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 материального баланса примесей рабочей среды; - Рассчитывать теплогидравлические характеристики ПГ; - Проводить расчеты баланса тепла ПГ.

## **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> [8], 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 [8], 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 [8], 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> [8], 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 [8], стр. 102-118
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." <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [6], стр. 334-365
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</u></b>	
6.1	Физико-химические процессы на поверхностях теплообмена. Конструкционные материалы парогенераторов.	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-		

													<b><u>источников:</u></b> [3], стр. 315-399 [8], стр. 97-102
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. 3-15 [4], стр. 1-224 [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	14	4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка домашнего задания:</u></b> Подготовка домашнего задания направлена на отработку умений решения

	эксплуатации парогенераторов.												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. <u><b>Подготовка к практическим занятиям:</b></u> Изучение материала по разделу "Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов." подготовка к выполнению заданий на практических занятиях <u><b>Самостоятельное изучение теоретического материала:</b></u> Изучение дополнительного материала по разделу "Надежность работы парогенератора, вопросы экономики и эксплуатации парогенераторов." <u><b>Изучение материалов литературных источников:</b></u> [8], 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. Поиск оптимального выбора точек продувки и их координат.;
2. Расчет распределения примесей в объеме парогенератора без-, и со ступенчатым испарением.;
3. Естественная циркуляция в парогенераторе. Расчет (оценка) скоростей циркуляции и паросодержания в организованном и неорганизованном контурах циркуляции.;
4. Определение величин перепадов давления при движении одно-, и двухфазных потоков. Гомогенное приближение. Истинные параметры.;
5. Расчет истинных характеристик двухфазного потока при подъемном, опускном и противоточном движении фаз.;
6. Расчет параметров прямого парогенерирующего канала. Определение длин участков: входного, испарительного, пароперегревательного.;
7. Определение площади теплопередающей поверхности.;
8. T-Q – диаграмма. Температурные напоры. Среднелогарифмический температурный напор. Расчет коэффициента теплопередачи.;
9. Составление материальных и тепловых балансов по I-му и II-му контурам парогенератора.;
10. Конструктивные особенности парогенератора в зависимости от типа реактора. Выбор числа петель, тепловая мощность.;
11. Влияние параметров парогенератора на его паропроизводительность (изменение давления, образование оксидных пленок, рост отложений).;
12. Расчет расходных и истинных характеристик двухфазного потока. Коэффициент скольжения, относительная скорость пара.;

13. Работа с чертежами различных типов парогенераторов.;
14. Расчет макро-, и микрораспределения примесей по объему парогенератора и вблизи теплопередающей стенки. Оценка кратности концентрирования.;
15. Расчет коэффициентов теплоотдачи при конвективном теплообмене и при кипении. Выбор расчетных выражений.;
16. Сепарация пара в паровом объеме парогенератора. Расчет скорости витания капли, спектр капель, скорость осаждения. Определение необходимости установки жалюзийного сепаратора..

### **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	+									Контрольная работа/Основные характеристики парогенератора. t,Q-диаграмма парогенератора.
Влияние процессов, протекающих в ПГ на надежность и экономичность основного оборудования АЭС	ИД-4пк-3									+	Контрольная работа/Микро- и макрораспределение примесей в парогенераторе. Конструктивные особенности различных типов парогенераторов.
Принципы выбора конструктивной схемы	ИД-4пк-3		+								Контрольная работа/Микро- и макрораспределение примесей в парогенераторе. Конструктивные особенности различных типов парогенераторов.
Методы получения чистого пара	ИД-4пк-3				+						Контрольная работа/Расчет характеристик двухфазного потока. Тепловой расчет парогенератора.
Конструкционные материалы и расчет деталей парогенератора на прочность	ИД-4пк-3			+							Контрольная работа/Тепловой расчет парогенератора. Основные конструкции ПГ.
<b>Уметь:</b>											
Проводить расчеты баланса тепла ПГ	ИД-1пк-4									+	Контрольная работа/Расчет характеристик двухфазного потока. Тепловой расчет парогенератора. Контрольная работа/Тепловой расчет парогенератора. Основные конструкции ПГ.
Рассчитывать теплогидравлические характеристики ПГ	ИД-1пк-4					+					Контрольная работа/Основные характеристики парогенератора. t,Q-диаграмма парогенератора. Контрольная работа/Расчет характеристик двухфазного потока. Тепловой расчет парогенератора.

Проводить расчеты материального баланса примесей рабочей среды	ИД-1ПК-4							+			Контрольная работа/Микро- и макрораспределение примесей в парогенераторе. Конструктивные особенности различных типов парогенераторов.
Проводить расчет стоимости ПГ и определение оптимальной скорости теплоносителя	ИД-1ПК-4	+									Контрольная работа/Тепловой расчет парогенератора. Основные конструкции ПГ.



## **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. Микро- и макрораспределение примесей в парогенераторе. Конструктивные особенности различных типов парогенераторов. (Контрольная работа)
2. Основные характеристики парогенератора.  $t, Q$ -диаграмма парогенератора. (Контрольная работа)
3. Расчет характеристик двухфазного потока. Тепловой расчет парогенератора. (Контрольная работа)
4. Тепловой расчет парогенератора. Основные конструкции ПГ. (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. Горбунов, 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. Лабунцов Д.А. , Ягов В.В. - "Механика двухфазных систем", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (384 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72240](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72240);

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>;

8. 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..

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

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

## **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. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>

7. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>

8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elibr.mpei.ru/login.php>

9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>

10. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>

11. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

12. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>

13. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>

14. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>

15. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>

16. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>

17. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для	Т-321, Учебная	стеллаж, стол, стул, компьютерная сеть

проведения лекционных занятий и текущего контроля	аудитория	с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран, 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.  $t, Q$ -диаграмма парогенератора. (Контрольная работа)
- КМ-2 Тепловой расчет парогенератора. Основные конструкции ПГ. (Контрольная работа)
- КМ-3 Расчет характеристик двухфазного потока. Тепловой расчет парогенератора. (Контрольная работа)
- КМ-4 Микро- и макрораспределение примесей в парогенераторе. Конструктивные особенности различных типов парогенераторов. (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	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, %:		25	25	25	25