

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЕ ЯДЕРНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
6	2	72	30	15	0		27	0	3 КР
Итого	2	72	30	15	0	0	27	0	

## **АННОТАЦИЯ**

Целями освоения дисциплины является ознакомление студентов с основами выбора и оптимизации ЯЭУ, классификация парогенерирующих устройств и других теплообменных аппаратов с целью обучение студентов умению применять полученные знания в производственной и научной деятельности, приобретение навыков работы с научной и электронной литературой в этой области.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целями освоения дисциплины являются:

- изучение энергетических циклов ядерно-энергетических установок (ЯЭУ);
- овладение студентами и использование в практической деятельности основных законов термодинамики ЯЭУ;
- получение студентами основных сведений о конструктивных решениях ЯЭУ различного типа;
- приобретений знаний об теплофизических процессах в ЯЭУ, способах гидравлического профилирования расхода теплоносителя; физических и конструктивных особенностях реакторных установок различного типа;
- изучение физических принципов реакторов с внутренне присущей безопасностью, тепловых схем, основного оборудования и принципов его компоновки;
- приобретение навыков по выполнению и анализу инженерных расчетов процессов в ядерных реакторах и реакторных установках на основе математических моделей;
- формирование представлений об основных направлениях создания принципиально новых ядерных реакторов и энергетических установок.
- ознакомление студентов с основами выбора и оптимизации ЯЭУ, классификация парогенерирующих устройств и других теплообменных аппаратов с целью обучение студентов умению применять полученные знания в производственной и научной деятельности;
- приобретение навыков работы с научной и электронной литературой в этой области.

Для достижения поставленной цели по дисциплине решаются следующие задачи:

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

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

Для освоения данной дисциплины студент должен владеть знаниями по курсам термодинамики, гидродинамики, нейтронной физики, теории ядерных реакторов.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

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

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

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
<b>научно-исследовательский</b>			
Исследования перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов	ПК-7.2 [1] - Способен к проведению физических экспериментов на основе апробированной методики с целью определения теплофизических и нейтронно-физических параметров ЯЭУ различного назначения  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-7.2[1] - знать методы проведения исследований теплофизических и нейтронно-физических процессов; У-ПК-7.2[1] - уметь проводить экспериментальные исследования по заданной методике; В-ПК-7.2[1] - владеть методами анализа погрешности физических экспериментов
<b>проектный</b>			
Проектирование перспективных типов ядерных энергетических	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические	ПК-5 [1] - Способен проводить предварительное технико-	З-ПК-5[1] - знать методы анализа для технико-экономического

<p>установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов</p>	<p>и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов</p>	<p>экономическое обоснование проектных решений при разработке установок и приборов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>обоснования проектных решений при разработке установок и приборов; ; У-ПК-5[1] - уметь проводить предварительные технико-экономическое обоснование проектных решений при разработке установок и приборов; В-ПК-5[1] - владеть методами проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при разработке установок и приборов</p>
---	---	---	--

#### производственно-технологический

<p>Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов.</p>	<p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики</p>	<p>ПК-6 [1] - Способен к контролю соблюдения технологической дисциплины и обслуживания оборудования</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.032</p>	<p>3-ПК-6[1] - знать технические характеристики и принципы безопасного обслуживания технологического оборудования ; У-ПК-6[1] - уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины и обслуживание оборудования; В-ПК-6[1] - владеть методами контроля, проверок и испытаний систем и навыками выявления неисправностей в работе оборудования</p>
---	---	--	--

	и энергетики, ядерных реакторов		
Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов.	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов	ПК-8 [1] - Способен к оценке ядерной и радиационной безопасности и контролю за соблюдением экологической безопасности  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	З-ПК-8[1] - Знать методы оценки ядерной и радиационной безопасности, контроля за соблюдением экологической безопасности ; У-ПК-8[1] - Уметь оценивать ядерную и радиационную безопасность, проводить контроль за соблюдением экологической безопасности; В-ПК-8[1] - Владеть навыками оценки ядерной, радиационной и экологической безопасности

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры ядерной безопасности (В24)	1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности,

		<p>разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами.</p> <p>3. Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов.</p> <p>4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за обеспечение кибербезопасности объектов атомной отрасли (В25)	<p>1. Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала</p>

	<p>содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами.</p> <p>3. Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов.</p> <p>4. Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного</p>
--	---

		контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственной экологической позиции (В26)	<p>1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн. 2.Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирование личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами. 3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения системы АСУТП ядерных объектов, методов защиты и хранения информации, принципов построения глубокоэшелонированной и гибкой системы безопасности ядерно-физических объектов.</p> <p>4.Использование воспитательного потенциала содержания блока дисциплин «Экология», «Системы радиационного контроля», «Основы</p>

		экологической безопасности в ядерной энергетике» для формирования ответственной экологической позиции посредством изучения вопросов обеспечения такого уровня безопасности АЭС, при котором воздействие на окружающую среду, обеспечивает сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций, через рассмотрение вопросов радиационного контроля при захоронении и переработки ядерных отходов, вопросов замыкания ядерного топливного цикла.
--	--	--

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары ) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
<i>6 Семестр</i>							
1	Введение. Теплоносители и рабочие тела ЯЭУ.	1-8	15/8/0		25	КИ-8	3-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
2	Оптимизация температуры питательной воды и давления пара в конденсаторе.	9-15	15/7/0		25	КИ-15	3-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6,

						З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		30/15/0		50	
	<b>Контрольные мероприятия за 6 Семестр</b>			50	3, КР	З-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, З-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2, З-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, З-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8

\* – сокращенное наименование формы контроля

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

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
КР	Курсовая работа

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>6 Семестр</i>	30	15	0
<b>1-8</b>	<b>Введение. Теплоносители и рабочие тела ЯЭУ.</b>	15	8	0
1	<b>Введение.</b> Проблемы развития атомной энергетики. Экология энергетики. Принципиальная схема ядерного реактора. Типы и назначение ядерных реакторов и ЯЭУ.	Всего аудиторных часов 2	2	0
2	<b>Теплоносители и рабочие тела ЯЭУ.</b>	Онлайн 0	0	0
		Всего аудиторных часов		

	Требования к ним. Ядерно-физические, химические и теплофизические свойства.	2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
3	<b>Тепловые схемы ЯЭУ и АЭС.</b> Паротурбинные конденсационные АЭС и АТЭЦ.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
4	<b>Газотурбинные и комбинированные ЯЭУ.</b> Атомные станции теплоснабжения.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
5	<b>Термодинамические циклы ЯЭУ.</b> Паротурбинные циклы с насыщенным и перегретым паром. Регенеративный цикл.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	<b>Газотурбинные циклы.</b> Применение регенерации тепла и многоступенчатого сжатия газа в компрессоре.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Вопросы оптимизации ЯЭУ.</b> Выбор термодинамического цикла. Оптимизация начального давления. Способы уменьшения потерь работы при реализации цикла насыщенного пара.	Всего аудиторных часов		
		3	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Оптимизация температуры питательной воды и давления пара в конденсаторе.</b>	15	7	0
9	<b>Оптимизация температуры питательной воды и давления пара в конденсаторе.</b> Оптимизация параметров газотурбинного цикла.	Всего аудиторных часов		
		1	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
10	<b>Теплообменники. Парогенераторы.</b> Теплообменники ЯЭУ, основные типы. Парогенераторы с прямоточным испарением и с многократной циркуляцией в испарителе.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	<b>Материально-тепловой баланс.</b> Оптимизация температурного напора. Выбор скорости теплоносителя. Расчет проходных сечений теплообменников и коллекторов.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<b>Расчет теплопередачи и поверхностей теплообмена.</b> Расчет теплопередачи и поверхностей теплообмена.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
13	<b>Компоновка поверхностей теплообмена.</b> Гидравлические расчеты теплообменников и определение мощности на прокачку. Конструктивные схемы парогенераторов. Подогреватели питательной воды, деаэраторы.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
14	<b>Машинное оборудование ЯЭУ.</b> Основные типы паровых и газовых турбин. Термодинамический процесс в многоступенчатой турбине и ее внутренний к.п.д.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	<b>Основные типы насосов.</b>	Всего аудиторных часов		

	Рабочие параметры и характеристики. Параллельная работа насосов. Главные циркуляционные насосы. Питательные и конденсационные насосы.	2	1	0
	Онлайн			
	0	0	0	
16	<b>Нестационарные режимы ЯЭУ.</b> Регулирование мощности. Пуск и остановка. Аварийный режимы. Вопросы надежности и безопасности.	Всего аудиторных часов		
		2	0	0
	Онлайн			
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>6 Семестр</i>
1	<b>1. Построение T, Q - диаграммы парогенератора.</b> Построение T, Q - диаграммы парогенератора.
2	<b>2. Расчет термического к.п.д. термодинамического цикла АЭС, к.п.д. «брутто».</b> Расчет термического к.п.д. термодинамического цикла АЭС, к.п.д. «брутто».
3	<b>3. Выбор скорости циркуляции в зависимости от вида теплоносителя и назначения теплообменника.</b> Выбор скорости циркуляции в зависимости от вида теплоносителя и назначения теплообменника.
4 - 5	<b>4. Кризис теплообмена в испарительных секциях парогенератора и выбор кратности циркуляции для прямоточной конструкции.</b> Кризис теплообмена в испарительных секциях парогенератора и выбор кратности циркуляции для прямоточной конструкции.
6 - 8	<b>5. Расчет нагрузки зеркала испарения в парогенераторе или сепараторе.</b> Расчет нагрузки зеркала испарения в парогенераторе или сепараторе.
9	<b>6. Расчет среднего температурного напора в секциях парогенератора.</b> Расчет среднего температурного напора в секциях парогенератора.
10	<b>7. Расчет проходных сечений теплообменников.</b> Расчет проходных сечений теплообменников.
11	<b>8. Расчет теплопередачи и поверхностей теплообмена в парогенераторе.</b> Расчет теплопередачи и поверхностей теплообмена в парогенераторе.
12	<b>9. Компоновка поверхностей теплообмена.</b> . Компоновка поверхностей теплообмена.
13 - 14	<b>10. Расчет гидравлических сопротивлений в теплообменниках.</b> Расчет гидравлических сопротивлений в теплообменниках.
15 - 16	<b>11. Определение мощности на прокачку и к.п.д. «нетто».</b> Определение мощности на прокачку и к.п.д. «нетто».

## ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

<b>Недели</b>	<b>Темы занятий / Содержание</b>
	<i>6 Семестр</i>
1	<b>Введение.</b> Проблемы развития атомной энергетики. Экология энергетики. Принципиальная схема ядерного реактора. Типы и назначение ядерных реакторов и ЯЭУ.
2	<b>Теплоносители и рабочие тела ЯЭУ.</b> Требования к ним. Ядерно-физические, химические и теплофизические свойства.
3	<b>Тепловые схемы ЯЭУ и АЭС.</b> Паротурбинные конденсационные АЭС и АТЭЦ.
4	<b>Газотурбинные и комбинированные ЯЭУ.</b> Атомные станции теплоснабжения.
5	<b>Термодинамические циклы ЯЭУ.</b> Паротурбинные циклы с насыщенным и перегретым паром. Регенеративный цикл.
6	<b>Газотурбинные циклы.</b> Применение регенерации тепла и многоступенчатого сжатия газа в компрессоре.
7	<b>Вопросы оптимизации ЯЭУ.</b> Выбор термодинамического цикла. Оптимизация начального давления. Способы уменьшения потерь работы при реализации цикла насыщенного пара.
8	<b>Оптимизация температуры питательной воды и давления пара в конденсаторе.</b> Ведите здесь подробное описание пункта
9	<b>Теплообменники. Парогенераторы.</b> Теплообменники ЯЭУ, основные типы. Парогенераторы с прямоточным испарением и с многократной циркуляцией в испарителе.
10	<b>Материально-тепловой баланс.</b> Оптимизация температурного напора. Выбор скорости теплоносителя. Расчет проходных сечений теплообменников и коллекторов.
11	<b>Расчет теплопередачи и поверхностей теплообмена.</b> Расчет теплопередачи и поверхностей теплообмена.
12	<b>Компоновка поверхностей теплообмена.</b> Гидравлические расчеты теплообменников и определение мощности на прокачку. Конструктивные схемы парогенераторов. Подогреватели питательной воды, деаэраторы.
13	<b>Машинное оборудование ЯЭУ.</b> Основные типы паровых и газовых турбин. Термодинамический процесс в многоступенчатой турбине и ее внутренний к.п.д.
14	<b>Основные типы насосов.</b> Рабочие параметры и характеристики. Параллельная работа насосов. Главные циркуляционные насосы. Питательные и конденсационные насосы.
15 - 16	<b>Нестационарные режимы ЯЭУ.</b> Регулирование мощности. Пуск и остановка. Аварийный режимы. Вопросы надежности и безопасности.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривает широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерные практикумы, разбор домашних заданий, система

контрольно-измерительных материалов, включая тесты) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

## 7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

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

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-5	З-ПК-5	З, КР, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	З, КР, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-5	З, КР, КИ-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	З, КР, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6	З, КР, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6	З, КР, КИ-8, КИ-15
ПК-7.2	З-ПК-7.2	З, КР, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7.2	З, КР, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-7.2	З, КР, КИ-8, КИ-15
ПК-8	З-ПК-8	З, КР, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-8	З, КР, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-8	З, КР, КИ-8, КИ-15

### Шкалы оценки образовательных достижений

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

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89		B	
75-84		C	
70-74	4 – «хорошо»	D	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
65-69	3 –		Оценка «удовлетворительно»

60-64	«удовлетворительно»	E	выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

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

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ A60 Steam Generators : Description and Design, Annaratone, Donatello. , Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2008
2. 621.039 В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Выговский С.Б., Рябов Н.О., Чернов Е.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. ЭИ В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Выговский С.Б., Рябов Н.О., Чернов Е.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
4. ЭИ И88 Исследовательский ядерный реактор ИРТ МИФИ : учебное пособие для вузов, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. 621.039 И88 Исследовательский ядерный реактор ИРТ МИФИ : учебное пособие по эксплуатационной практике, , Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
6. ЭИ П63 Контроль распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора : учебное пособие для вузов, Якунин И.С., Постников В.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
7. ЭИ П63 Оптимизация распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора : учебное пособие для вузов, Якунин И.С., Постников В.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
8. ЭИ Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Наумов В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
9. 621.039 И85 Ядерно-физические контрольно-измерительные приборы : учебное пособие, Исаков С.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

10. ЭИ И85 Ядерно-физические контрольно-измерительные приборы : учебное пособие для вузов, Исаков С.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
11. ЭИ Я34 Ядерные технологии: история, состояние, перспективы : учебное пособие для вузов, Андрианов А.А. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 П63 Контроль распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора : учебное пособие, Якунин И.С., Постников В.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 621.039 О-75 Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах : учебник, Панов Ю.К. [и др.], Москва: Машиностроение, 2013
3. 621.3 Н73 Расчет парогенераторов АЭС Ч.2 , , М.: МИФИ, 2001
4. 620 Т34 Теплоэнергетика и теплотехника Кн.2 Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент, , М.: МЭИ, 2001
5. 621.3 К44 Термический КПД паротурбинных установок : Учеб. пособие, Киселев Н.П., Радовский И.С., М.: МИФИ, 1992
6. 621.039 Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Наумов В.И., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
7. 533 О-63 Численное моделирование реагирующих потоков : , Борис Дж., Оран Э., М.: Мир, 1990
8. 621.039 Я34 Ядерные технологии : учебное пособие, Куликов Е.Г. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

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

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

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

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

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

Студентам при изучении дисциплины в рамках самостоятельной работы обязательна систематическая работа с лекционным материалом с уяснением применимости физических и математических моделей при расчете основных параметров ядерно-энергетических установок различного типа.

Учебный курс является одним из первых профессиональных курсов подготовки по проектированию и конструированию ядерных энергетических установок. Главной задачей курса является систематическое изложение современного опыта построения схем ядерных энергетических установок, оптимизация выбора их параметров, обзор наиболее перспективных конструкций энергооборудования, сравнительный анализ преимуществ и недостатков тех или иных конструктивных решений.

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

Для успешного усвоения материала дисциплины преподавателю при чтении лекций необходимо обращать внимание на разъяснение физической сущности процессов и явлений, происходящих в ядерно-энергетических установках.

Курс является весьма напряженным по временным затратам.

Автор(ы):

Митрофанова Ольга Викторовна, д.т.н., с.н.с.

Дмитренко Артур Владимирович, д.т.н., профессор

Рецензент(ы):

доцент Харитонов В.С., доцент Меринов, доцент И.Г., Куценко К.В.