

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕПЛОВЫЕ СХЕМЫ И ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЕ ЯЭУ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

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

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

Учебная программа соответствует требованиям ОС НИЯУ МИФИ

### 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
научно-исследовательский			
Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ	Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный	ПК-3 [1] - Способен к участию в исследовании и испытании основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания  <i>Основание:</i>	З-ПК-3[1] - Знать методы проведения исследований и испытаний основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания.; У-ПК-3[1] - Уметь проводить

<p>нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>	<p>Профессиональный стандарт: 24.032</p>	<p>исследования и испытания основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания ; В-ПК-3[1] - Владеть методами проведения исследований и испытаний основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания.</p>
<p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений</p>	<p>ПК-10.1 [1] - Способен проводить физические эксперименты на основе апробированных методик и выполнять моделирование процессов переноса излучения и тепла в активной зоне реакторной установки</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>З-ПК-10.1[1] - Знать методы проведения физических экспериментов и математического моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов и переноса ионизирующего излучения в ЯЭУ; У-ПК-10.1[1] - Уметь проводить физические эксперименты на основе апробированных методик и математическое</p>

	<p>и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>		<p>моделирование нейтронно-физических и теплофизических процессов и ионизирующего излучения в ЯЭУ; В-ПК-10.1[1] - Владеть методиками для определения параметров активной зоны реакторной установки и прикладными пакетами для математического моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов и ионизирующего излучения в ЯЭУ</p>
	<p>проектный</p>		
<p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и 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, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой</p>	<p>ПК-6 [1] - Способен к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-6[1] - Знать методы проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечен; У-ПК-6[1] - Уметь проектировать основное оборудование атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и</p>

	<p>природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>		<p>обеспечения безопасной работы ; В-ПК-6[1] - Владеть навыками проектирования основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований, и обеспечения безопасной работы.</p>
<p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и 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, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных</p>	<p>ПК-7 [1] - Способен к определению теплотехнические характеристики и конструктивных особенностей теплотехнических систем и оборудования</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>3-ПК-7[1] - Знать теплотехнические характеристики и конструктивные особенностей теплотехнических систем и оборудования; У-ПК-7[1] - Уметь определять теплотехнические характеристики и конструктивных особенностей теплотехнических систем и оборудования; В-ПК-7[1] - Владеть методами определения теплотехнических характеристик и конструктивных особенностей теплотехнических систем и оборудования</p>

	<p>материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>		
<p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой для проектирования и эксплуатации ядерных установок со знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, теплоносители и 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, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>	<p>ПК-8 [1] - Способен разрабатывать производственно-техническую документацию</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-8[1] - Знать производственно-техническую документацию; У-ПК-8[1] - Уметь разрабатывать производственно-техническую документацию; В-ПК-8[1] - Владеть навыками работы с производственно-технической документацией</p>

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование чувства личной ответственности за научно-технологическое развитие России, за результаты исследований и их последствия (B17)	<p>Воспитательный потенциал дисциплин</p> <p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования чувства личной ответственности за достижение лидерства России в ведущих научно-технических секторах и фундаментальных исследованиях, обеспечивающих ее экономическое развитие и внешнюю безопасность, посредством контекстного обучения, обсуждения социальной и практической значимости результатов научных исследований и технологических разработок.</p> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования социальной ответственности ученого за результаты исследований и их последствия, развития исследовательских качеств посредством выполнения учебно-исследовательских заданий, ориентированных на изучение и проверку научных фактов, критический анализ публикаций в профессиональной области, вовлечения в реальные междисциплинарные научно-исследовательские проекты.</p>
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (B18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа»,

	<p>мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19)</p>	<p>«Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</li> </ul>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры информационной безопасности (B23)</p>	<p>Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирование базовых навыков информационной безопасности через изучение последствий халатного отношения к работе с информационными системами, базами данных (включая персональные данные), приемах и методах злоумышленников, потенциальном уроне пользователям.</p>
<p>Профессиональное воспитание</p>	<p>Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственной экологической позиции (B26)</p>	<p>1.Использование воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин для формирования чувства личной ответственности за соблюдение ядерной и радиационной</p>



		<p>безопасности, а также соблюдение государственных и коммерческих тайн.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала содержания учебных дисциплин «Актуальные проблемы эксплуатации АЭС», «Основы экологической безопасности в ядерной энергетике», «Системы радиационного контроля» для формирования 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 глубоководной 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</p>
--	--	--

		<p>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>
--	--	---

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (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	15/7/0		25	СК-8	З-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, З-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, З-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8
2	Оптимизация	9-15	15/8/0		25	СК-15	З-ПК-

	температуры питательной воды и давления пара в конденсаторе.						3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 6.1, У- ПК- 6.1, В- ПК- 6.1, 3-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	3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 6.1, У- ПК- 6.1, В- ПК- 6.1, 3-ПК- 8, У- ПК-8, В- ПК-8, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-ПК- 6.1, У- ПК- 6.1, В-

							ПК-6.1, 3-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
СК	Семестровый контроль
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	7	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		
		3	1	0
		Онлайн		
2	<b>Теплоносители и рабочие тела ЯЭУ.</b> Требования к ним. Ядерно-физические, химические и теплофизические свойства.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
3	<b>Тепловые схемы ЯЭУ и АЭС.</b> Паротурбинные конденсационные АЭС и АТЭЦ.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
4	<b>Газотурбинные и комбинированные ЯЭУ.</b> Атомные станции теплоснабжения.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
5	<b>Термодинамические циклы ЯЭУ.</b> Паротурбинные циклы с насыщенным и перегретым паром. Регенеративный цикл.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
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	<b>Вопросы оптимизации ЯЭУ.</b> Выбор термодинамического цикла. Оптимизация начального давления. Способы уменьшения потерь работы при реализации цикла насыщенного пара.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Оптимизация температуры питательной воды и давления пара в конденсаторе.</b>	15	8	0
8	<b>Оптимизация температуры питательной воды и давления пара в конденсаторе.</b> Оптимизация параметров газотурбинного цикла.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
9	<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
10	<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
11	<b>Расчет теплопередачи и поверхностей теплообмена.</b> Расчет теплопередачи и поверхностей теплообмена.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
12	<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
13	<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
14	<b>Основные типы насосов.</b> Рабочие параметры и характеристики. Параллельная работа насосов. Главные циркуляционные насосы. Питательные и конденсационные насосы.	Всего аудиторных часов		
		2	1	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	<b>Нестационарные режимы ЯЭУ.</b> Регулирование мощности. Пуск и остановка. Аварийный режимы. Вопросы надежности и безопасности.	Всего аудиторных часов		
		1	1	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

Недели	Темы занятий / Содержание
--------	---------------------------

	<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> Введите 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

Предусматривается 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-3	З-ПК-3	З, КР, СК-8, СК-15
	У-ПК-3	З, КР, СК-8, СК-15
	В-ПК-3	З, КР, СК-8, СК-15
ПК-8	З-ПК-8	З, КР, СК-8, СК-15
	У-ПК-8	З, КР, СК-8, СК-15
	В-ПК-8	З, КР, СК-8, СК-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	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет
65-69			



60-64	«удовлетворительно»	Е	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»	Ф	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 А60 Steam Generators : Description and Design, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2008
2. 621.039 В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
3. ЭИ В92 Безопасность и задачи инженерной поддержки эксплуатации ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие, 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, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
7. ЭИ П63 Оптимизация распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
8. ЭИ Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
9. 621.039 И85 Ядерно-физические контрольно-измерительные приборы : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
10. ЭИ И85 Ядерно-физические контрольно-измерительные приборы : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

11. ЭИ ЯЗ4 Ядерные технологии: история, состояние, перспективы : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.039 П63 Контроль распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 621.039 О-75 Основное оборудование АЭС с корпусными реакторами на тепловых нейтронах : учебник, Москва: Машиностроение, 2013
3. 621.039 Н34 Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
4. 621.039 ЯЗ4 Ядерные технологии : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
5. 621.3 Н73 Расчет парогенераторов АЭС Ч.2 , , М.: МИФИ, 2001
6. 620 Т34 Теплоэнергетика и теплотехника Кн.2 Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент, , М.: МЭИ, 2001
7. 621.3 К44 Термический КПД паротурбинных установок : Учеб. пособие, Киселев Н.П., Радовский И.С., М.: МИФИ, 1992
8. 533 О-63 Численное моделирование реагирующих потоков : , Оран Э., Борис Дж.; Пер. с англ., М.: Мир, 1990

#### 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**

Учебный курс является одним из первых профессиональных курсов подготовки студентов 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.

Прочтение курса и сдача по нему экзамена предшествует выполнению в следующем семестре проекта по конструированию и расчету наиболее важному и дорогому в схеме ЯЭУ (после ядерного реактора) узла- парогенератора. Такая последовательность способствует более глубокому усвоению основ предмета, развитию навыков проектирования, конструирования и теплогидравлических расчетов. При защите курсовой работы( приравнивается к экзамену с оценкой) главным является самостоятельность выборов и решений , а также умение их аргументировать. Всё это основывается на сравнительном анализе и оптимизации, подробно разбираемых на лекциях по учебному курсу. Именно поэтому во время защиты курсовой работы конкретно задаются вопросы и по курсу. Это требует перед защитой повторного освежения материалов курса лекций.

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

Учебный курс является весьма напряженным по временным затратам. Главной задачей преподавателя-консультанта является убедить в этом студентов в самом начале проектирования, обсудить график этапов, сделать оценки их трудоемкости.

Некоторые из этапов затруднительны тем, что проделанные расчеты могут дать отрицательный результат и потребовать повторных затрат времени на новые более оптимальные выборы и вычисления. Необходимо вести постоянный контроль индивидуального выполнения графика работ по проекту, рассказать студентам о рейтинговых оценках и их связи с выполнением графика. Несоблюдение последнего приводит к штурмовщине выполнения проекта во второй половине семестра, а значит обязательному снижению качества работы и ее последующей оценки.

Другой трудностью выполнения КР является то, что она опирается на несколько учебных курсов: некоторые из них успели позабыться ( например "Основы общего проектирования и конструирования" ) а другой ( например курс "Теплообмена" ) читается параллельно. Помощь преподавателя-консультанта, здесь заключается не только в указании соответствующей литературы, но и в терпеливом разъяснении вопросов из других курсов. Успешное выполнение КР полезно стимулировать оценочными бонусами за опережение графика выполнения проекта, для чего необходимо выделить время на досрочные защиты КР.

Автор(ы):

Поздеева Ирина Геннадьевна

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

Рецензент(ы):

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