

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕПЛОФИЗИКИ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ (ЧАСТЬ 1)**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование,  
эксплуатация и инжиниринг

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
8	4	144	15	45	0	30	0	Э
Итого	4	144	15	45	0	0	30	0

## АННОТАЦИЯ

Целью освоения дисциплины является подготовка студентов к решению инженерных задач на основе строгих научных методов. Приводятся примеры и углубленно изучается ряд вопросов, составляющих научную базу для анализа и расчета ядерных энергетических установок.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка студентов к решению инженерных задач на основе строгих научных методов. Приводятся примеры и углубленно изучается ряд вопросов, составляющих научную базу для анализа и расчета ядерных энергетических установок.

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

Для изучения дисциплины необходимо владение базовыми знаниями, умениями, навыками и компетенциями, сформированными дисциплинами рабочего учебного плана.

### 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			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая	ядерно-физические, тепло-гидравлические и электрические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой	ПК-1.1 [1] - Способен использовать математические модели и программные комплексы для численного анализа всей совокупности процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС	З-ПК-1.1[1] - Знать математические модели тепло-гидравлических, нейтронно-физических и других процессов в оборудовании АЭС; У-ПК-1.1[1] - Уметь применять программные комплексы для

<p>входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>энергии; ядерно-энергетическое, безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>	<p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028</p>	<p>численного анализа всей совокупности процессов в реакторной установке и АЭС в целом; В-ПК-1.1[1] - Владеть математическим аппаратом для выполнения тепло-гидравлических, нейтронно-физических и других расчетов элементов оборудования АЭС</p>
<p>проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>ядерно-физические, тепло-гидравлические и электрические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; ядерно-энергетическое, безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>	<p>ПК-1.2 [1] - Способен к проведению физических экспериментов на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения параметров реакторной установки и АЭС в целом</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>З-ПК-1.2[1] - Знать Методы и средства математической обработки результатов экспериментальных исследований; У-ПК-1.2[1] - Уметь Анализировать причины возникновения погрешностей при проведении экспериментальных исследований; В-ПК-1.2[1] - Владеть Методиками проведения физических экспериментов</p>
<p>проектный</p>			
<p>проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной</p>	<p>ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; ядерно-энергетическое оборудование атомных электрических станций и других ядерных энергетических</p>	<p>ПК-6 [1] - Способен к конструированию и проектированию узлов и элементов аппаратов и систем в соответствии с техническим заданием и требованиями безопасной работы с использованием средств автоматизации проектирования</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008</p>	<p>З-ПК-6[1] - знать требования безопасной работы, предъявляемые к узлам и элементам систем; ; У-ПК-6[1] - уметь конструировать и проектировать элементы систем в соответствии с техническим заданием;; В-ПК-6[1] - владеть средствами автоматизации проектирования</p>

безопасности	установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;		
производственно-технологический			
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок	ПК-9 [1] - Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.033	З-ПК-9[1] - Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; ; У-ПК-9[1] - уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ;; В-ПК-9[1] - владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ.
проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности, программно-технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок	ПК-11 [1] - Способен анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.032, 24.033	З-ПК-11[1] - знать правила техники безопасности при проведении монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ; ; У-ПК-11[1] - уметь проводить монтаж, ремонт и демонтаж оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС;; В-ПК-11[1] - владеть навыками монтажных и демонтажных работ на технологическом оборудовании

#### 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. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</li> <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 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</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.
--	--	--

## 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>8 Семестр</i>						
1	Структура ядерной энергетики. Перспективные топливные и конструкционные материалы ядерной энергетики.	1-8	8/23/0		25	КИ-8	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-



							ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
2	Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с кипящим теплоносителем.	9-15	7/22/0		25	КИ-15	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
	<i>Итого за 8 Семестр</i>		15/45/0		50		

	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-1.2, У-ПК-1.2, В-ПК-1.2, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
--	---	--	--	--	----	---	---

\* – 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:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

<b>Недел</b>	<b>Темы занятий / Содержание</b>	<b>Лек.,</b>	<b>Пр./сем.</b>	<b>Лаб.,</b>
--------------	----------------------------------	--------------	-----------------	--------------

и		час.	, час.	час.
	8 Семестр	15	45	0
1-8	<b>Структура ядерной энергетики. Перспективные топливные и конструкционные материалы ядерной энергетики.</b>	8	23	0
1 - 2	<b>Структура ядерной энергетики. Перспективные топливные и конструкционные материалы ядерной энергетики.</b> История развития и структура ядерной энергетики в России и мире, примеры политики развития. Экономика и структура топливного цикла. Причины, сформировавшие список реакторов поколения IV. Экономические, нейтронно-физические и теплофизические требования к перспективным материалам ядерной энергетики. Существующие технологии и конструкционные решения.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	<b>Принципы и критерии обеспечения безопасности.</b> Основные принципы и критерии обеспечения безопасности ядерных энергетических установок. Анализ аварий, вероятностный анализ безопасности.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	<b>Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с водой под давлением.</b> Основные типы реакторов поколения III+ с водой под давлением в России и мире, примеры проектов, перспективы развития. Особенности конструкций активных зон, теплогидравлическое профилирование. Реакторы малой мощности с интегральной компоновкой. Основные системы безопасности реакторов поколения III+ с водой под давлением, примеры проектов. Пассивные системы безопасности и их принципы работы. Особенности систем безопасности реакторов с интегральной компоновкой.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	<b>Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с кипящим теплоносителем.</b> Основные типы реакторов поколения III+ с кипящей водой, преимущества и недостатки одноконтурной схемы. Особенности конструкций активных зон, теплогидравлическая устойчивость. Опыт эксплуатации реактора с естественной циркуляцией теплоносителя на примере ВК 50. Методы расчета естественной циркуляции теплоносителя, самоиспарение, захват пара в опускной участок. Устойчивость естественной циркуляции. Основные системы безопасности реакторов поколения III+ с кипящим теплоносителем, примеры проектов. Пассивные системы безопасности реакторов с кипящим теплоносителем и их принципы работы.	Всего аудиторных часов		
		2	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	<b>Ядерные энергетические реакторы поколения III+ с кипящим теплоносителем.</b>	7	22	0
9 - 11	<b>Ядерные энергетические реакторы поколения IV с тяжелой водой.</b> История и перспективы развития реакторов CANDU. Компоновка активной зоны, особенности расчета канального реактора. Основные системы безопасности.	Всего аудиторных часов		
		3	10	0
		Онлайн		
		0	0	0

12 - 15	<b>Ядерные энергетические реакторы поколения IV с теплоносителем сверхкритических параметров.</b> Преимущества использования воды сверхкритических параметров (СКП) в ядерных энергетических установках. Опыт конструирования судовых СКП реакторов. Основные проекты реакторов СКП: реакторы с тепловым и быстро-резонансным спектром нейтронов. Применяемые конструкционные материалы. Фазовый переход второго рода в воде СКП, проблемы и пути их решения. Однозаходные, двухзаходные и трехзаходные схемы движения теплоносителя, конструкции активной зоны и ТВС. Особенности расчета теплоотдачи к воде СКП, имеющиеся экспериментальные и теоретические зависимости. Поправки к зависимостям для расчета перепада давления через активную зону. Особенности систем безопасности реакторов с водой СКП как одноконтурных установок с водой при высоком давлении. Основные проектные решения. Пусковые последовательности. Системы безопасности реакторов с водой СКП при интегральной компоновке.	Всего аудиторных часов		
		4	12	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>8 Семестр</i>
1 - 2	<b>Экономика и материальный баланс топливного цикла.</b> Экономика и материальный баланс топливного цикла.
3 - 4	<b>Сравнительные характеристики теплофизических свойств перспективных топливных и конструкционных материалов ядерной энергетики.</b> Сравнительные характеристики теплофизических свойств перспективных топливных и конструкционных материалов ядерной энергетики.
5 - 6	<b>Принципы теплогидравлического профилирования, порядок расчета теплогидравлики активной зоны.</b> Принципы теплогидравлического профилирования, порядок расчета теплогидравлики активной зоны.
7 - 8	<b>Устойчивые и неустойчивые теплогидравлические</b>

	<b>характеристики активной зоны. Причины неустойчивости.</b> Устойчивые и неустойчивые теплогидравлические характеристики активной зоны. Причины неустойчивости.
9 - 10	<b>Расчет естественной циркуляции: некипящий и кипящий теплоносители.</b> Расчет естественной циркуляции: некипящий и кипящий теплоносители.
11 - 12	<b>Задача о повторном смачивании активной зоны.</b> Задача о повторном смачивании активной зоны.
13	<b>Порядок расчета температуры воды СКП при различных схемах циркуляции теплоносителя: однозаходной, двухзаходной и трехзаходной.</b> Порядок расчета температуры воды СКП при различных схемах циркуляции теплоносителя: однозаходной, двухзаходной и трехзаходной.
14	<b>Теплоотдача к воде СКП: теоретические соотношения и экспериментальные корреляции.</b> Теплоотдача к воде СКП: теоретические соотношения и экспериментальные корреляции.
15	<b>Корреляции для расчета перепада давления в активной зоне с теплоносителем СКП.</b> Корреляции для расчета перепада давления в активной зоне с теплоносителем СКП.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Предусматривается широкое использование в учебном процессе активных форм проведения занятий (компьютерных практикумов, разбор конкретных ситуаций, тренингов и тестов) 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-1.1	З-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.1	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-1.2	З-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-1.2	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-11	З-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-15

	В-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-6	З-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9	З-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-9	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-9	Э, 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	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	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» 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.
60-64			
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 I-70 Heat Conduction : Third Edition, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg,, 2009
2. ЭИ В 39 Основы процессов инженерной экологии. Теория, примеры, задачи : , Санкт-Петербург: Лань, 2022
3. ЭИ С92 Схемные решения и принципы работы пассивных систем аварийного охлаждения различных типов ЯЭУ : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
4. 621.039 С92 Схемные решения и принципы работы пассивных систем аварийного охлаждения различных типов ЯЭУ : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2015
5. ЭИ С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
6. 006 С32 Метрология : история, современность, перспективы: учебное пособие для вузов, А. Г. Сергеев, Москва: ЛОГОС, 2011
7. 621.039 М31 Моделирование теплогидравлических процессов в реакторных установках и элементах теплообменного оборудования ЯЭУ : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Ю. А. Маслов , И. Г. Меринов, Н. О. Рябов, Москва: МИФИ, 2008
8. ЭИ М31 Моделирование теплогидравлических процессов в реакторных установках и элементах теплообменного оборудования ЯЭУ : лабораторный практикум: учебное пособие для вузов, Ю. А. Маслов, И. Г. Меринов, Н. О. Рябов, Москва: МИФИ, 2008

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 621.039 С74 Справочник по теплогидравлическим расчетам в ядерной энергетике Т.2 Ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы, Москва: ИздАТ, 2013
2. 621.039 Ф50 Физико-технические основы современной ядерной энергетике. Перспективы и экологические аспекты : учебное пособие, Долгопрудный: Интеллект, 2014
3. 621.039 С12 Физическая теория ядерных реакторов Ч.2 Теория возмущений и медленные нестационарные процессы, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013
4. 621.039 Т34 Теплообмен в ядерных энергетических установках : учеб. пособие для вузов, Б. С. Петухов [et al.], М.: МЭИ, 2003
5. 621.039 Х20 Сборник задач по курсу "Инженерно-физические расчеты ЯЭУ" : Учеб. пособие, В. В. Харитонов, М.: МИФИ, 1995
6. 621.039 Д26 Теплопередача в ЯЭУ : учеб. пособие для вузов, В.И.Деев, Москва: МИФИ, 2004

7. 621.036 Ч-65 Теплофизические свойства материалов ядерной техники : Справочник, В.С. Чиркин, М.: Атомиздат, 1968
8. 621.039 Д30 Ядерные энергетические реакторы : Учебник для вузов, Дементьев Б.А., М.: Энергоатомиздат, 1990
9. 621.039 К59 Теплогидравлические расчеты и оптимизация ядерных энергетических установок : Учеб. пособие для вузов, Кокорев Л.С., Харитонов В.В.; Под ред. Субботина В.И., М.: Энергоатомиздат, 1986
10. 621.039 К77 Инженерные расчеты ядерных реакторов : , Крамеров А.Я., Шевелев Я.В., М.: Энергоатомиздат, 1984
11. 621.039 К43 Теплообмен в ядерных энергетических установках : учебное пособие для вузов, П. Л. Кириллов, Г. П. Богословская, Москва: ИзДАТ, 2008
12. 621.039 К43 Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы) : , П. Л. Кириллов, Ю. С. Юрьев, В. П. Бобков, М.: Энергоатомиздат, 1990

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

1. World-nuclear (<http://world-nuclear.org/>)
2. Росатом ([www.rosatom.ru](http://www.rosatom.ru))
3. Росэнергоатом (<http://www.rosenergoatom.ru>)
4. Урановый холдинг АРМЗ (<http://www.armz.ru>)
5. ТВЭЛ (<http://www.tvel.ru>)
6. Периодическая система (<http://www.periodictable.ru>)
7. 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**



Цель методических рекомендаций для студента – оптимизация процесса изучения данной дисциплины.

Материалы учебно-методического комплекса выдаются в электронном виде. Эти материалы не являются дословным изложением лекций и семинаров, а лишь их кратким содержанием. Они должны активно использоваться при подготовке к написанию тестов и экзамену.

Следует помнить, что в тестовые и экзаменационные вопросы не входит материал, который не был прочитан на лекциях или обсужден на семинарах. Тем не менее, для целей эффективного использования полученных знаний рекомендуется ознакомиться с интернет – ресурсами и литературой. В рекомендованной литературе, особенно дополнительной, изучаемые вопросы рассматриваются более глубоко, их изучение повышает квалификацию будущего специалиста.

Задачи домашнего задания аналогичны рассматриваемым на семинарских занятиях, поэтому рекомендуется выполнять их последовательно по мере изучения материала на занятиях. Для выполнения домашнего задания рекомендуется использование систем символьной математики.

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

В ходе проведения лекционных занятий следует обращать внимание на необходимость более полного усвоения студентами учебного материала путем применения интерактивных методов и средств активизации их учебно-познавательной деятельности.

Целью практических занятия является применение на практике теоретического материала дисциплины, глубже вникнуть в физическую сущность изучаемых явлений. Для изучения дисциплины необходимо владение базовыми знаниями, умениями, навыками и компетенциями, сформированными дисциплинами рабочего учебного плана.

Автор(ы):

Маслов Юрий Александрович, к.т.н.

Федосеев Вячеслав Николаевич, к.т.н.

Рецензент(ы):

Харитонов В.С., Корсун А.С., Митрофанова О.В.