

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  
ЭКСПЛУАТАЦИЯ АЭС

Направление подготовки [1] 14.05.02 Атомные станции: проектирование,  
(специальность) 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, экз./зач./КР/КП
8	4	144	15	30	0		45	0	Э
Итого	4	144	15	30	0	0	45	0	

## АННОТАЦИЯ

Целями дисциплины является ознакомление студентов с актуальными вопросами в эксплуатации АЭС с реакторными установками типа ВВЭР, РБМК и БН и обучение студентов методам инженерно-физического анализа проблем увеличения безопасности и повышения экономичности эксплуатации АЭС.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями дисциплины является ознакомление студентов с актуальными вопросами в эксплуатации АЭС с реакторными установками типа ВВЭР, РБМК и БН и обучение студентов методам инженерно-физического анализа проблем увеличения безопасности и повышения экономичности эксплуатации АЭС. В программе дисциплины формулируются основные принципы безопасности эксплуатации и критерии экономичности работы АЭС и рассматриваются вопросы управления технологическим процессом и оптимизации при внедрении новых научно-технических разработок на АЭС. Предполагается, что слушатели уже знакомы с основными конструкторскими и технологическими решениями, которые используются на действующих АЭС. Применительно к отечественным АЭС приводятся практические рекомендации и примеры разработки и внедрения новых технологий, совершенствования оборудования, а также анализируются научно-технические проблемы, связанные с современным состоянием атомной энергетики.

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

Дисциплина относится к профессиональному модулю дисциплин. Для изучения дисциплины необходимо иметь базовое физико-математическое или техническое образование в объеме бакалавра, в том числе владеть необходимыми знаниями в области ядерной физики, материалов ядерных реакторов, взаимодействия излучений с веществом, ядерного топливного цикла, технологии производства тепловой и электрической энергии на АЭС. Данная дисциплина необходима для успешного выполнения выпускной квалификационной работы.

### 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	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
--	---------------------------	---	---

		<b>опыта)</b>	
<b>научно-исследовательский</b>			
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	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;	ПК-1.1 [1] - Способен использовать математические модели и программные комплексы для численного анализа всей совокупности процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АЭС  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028	3-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 численного анализа всей совокупности процессов в реакторной установки и АЭС в целом; В-ПК-1.1[1] - Владеть математическим аппаратом для выполнения тепло-гидравлических, нейтронно-физических и других расчетов элементов оборудования АЭС
<b>проектный</b>			
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	ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;	ПК-3 [1] - Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011	3-ПК-3[1] - знать методы проведения исследований физических процессов ; У-ПК-3[1] - уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок ; В-ПК-3[1] - владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке

<p>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>выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой энергии; ядерно-энергетическое оборудование атомных электрических станций и других ядерных энергетических установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>	<p>решения задач</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008, 40.011</p>	<p>проекта, основные критерии и показатели эффективности и безопасности; ; У-ПК-5[1] - уметь формулировать цели и задачи проекта;;; В-ПК-5[1] - владеть методами анализа результатов проектной деятельности</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 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 установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>	<p>ПК-7 [1] - Способен к проведению предварительных технико-экономических расчетов в области проектирования ядерных энергетических установок</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008</p>	<p>З-ПК-7[1] - знать методы технико-экономических расчетов; ; У-ПК-7[1] - уметь проводить технико-экономические расчеты в области проектирования ядерных энергетических установок;;; В-ПК-7[1] - владеть современными пакетами прикладных компьютерных программ для технико-экономических расчетов</p>
<p>проектирование, создание и эксплуатация атомных станций и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и</p>	<p>ядерно-физические процессы, протекающие в оборудовании и устройствах для выработки, преобразования и использования ядерной и тепловой</p>	<p>ПК-8 [1] - Способен использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов, приборов и систем, готовностью осуществлять сбор,</p>	<p>З-ПК-8[1] - Знать основные физические законы и стандартные прикладные пакеты используемые при проектировании физических установок и систем; ; У-ПК-8[1] - уметь</p>

<p>использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности</p>	<p>энергии; ядерно-энергетическое оборудование атомных электрических станций и других ядерных энергетических установок; безопасность эксплуатации и радиационный контроль атомных объектов и установок;</p>	<p>анализ и подготовку исходных данных для проектов ЯЭУ и их компонентов</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078, 40.008</p>	<p>применять информационные технологии и прикладные пакеты используемые при проектировании физических установок и систем;; В-ПК-8[1] - владеть методами анализа и исходных данных для проектов ЯЭУ и их компонентов</p>
<b>производственно-технологический</b>			
<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>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</p>	<p>ПК-9 [1] - Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.028, 24.033</p>	<p>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.</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,</p>	<p>процессы контроля параметров, защиты и диагностики состояния ядерных энергетических установок; информационно-измерительная аппаратура и органы управления, системы контроля, управления, защиты и обеспечения безопасности,</p>	<p>ПК-11 [1] - Способен анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.032, 24.033</p>	<p>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</p>

защиты, управления и обеспечения ядерной и радиационной безопасности	программно-технические комплексы информационных и управляющих систем ядерных энергетических установок		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 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, 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

		<p>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. 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</p>

		<p>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 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</p>

	<p>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 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/ 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	Программа и стратегия развития атомной энергетики. Основные показатели работы АЭС.	1-8	8/16/0		25	КИ-8	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11
2	Основные проблемы эксплуатации АЭС. Продление срока эксплуатации АЭС.	9-15	7/14/0		25	КИ-15	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 3-ПК-9, У-ПК-9, В-ПК-9, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11

	<i>Итого за 8 Семестр</i>		15/30/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>				50	Э	3-ПК-1.1, У-ПК-1.1, В-ПК-1.1, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7, У-ПК-7, В-ПК-7, 3-ПК-8, У-ПК-8, В-ПК-8, 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:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>8 Семестр</i>	15	30	0
1-8	<b>Программа и стратегия развития атомной энергетики. Основные показатели работы АЭС.</b>	8	16	0
1 - 2	<b>Введение. Программа и стратегия развития атомной энергетики.</b> Роль и место атомной энергетики в современном мире. Прогнозы развития мирового и отечественного ТЭК. Требования, предъявляемые к строящимся и проектируемым АЭС. Ядерная, радиационная безопасность. Водородовзрывобезопасность. Пожаробезопасность. Экономические показатели работы АЭС. Особенности схемы кооперации предприятий и организаций при разработке и создании АЭС. Регламентация деятельности в атомной энергетике.	Всего аудиторных часов 2 Онлайн 0	4 0	0

	Федеральный закон "Об использовании атомной энергии". Правовые основы эксплуатации АЭС.			
3 - 4	<b>Основные показатели работы АЭС.</b> Динамика выработки электроэнергии на АЭС. Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ). Влияние на КИУМ автоматических срабатываний АЗ, ремонтов, диспетчерских ограничений и других факторов. Оценка экономических показателей работы АЭС. Себестоимость электроэнергии. Принципы формирования и структура тарифов на электроэнергию.	Всего аудиторных часов		
		3	6	0
	Онлайн	0	0	0
5 - 6	<b>НИОКР в области атомной энергетики.</b> Стадии разработки нового оборудования для АЭС. Виды и содержание технической документации, сопровождающей НИОКР Технические требования. Техническое задание. Технические условия. Инструкция по эксплуатации. Подтверждение показателей разрабатываемой продукции. Межведомственные испытания. Опытно-промышленная эксплуатация. Лицензирование. Сертификация. Верификация программного обеспечения. Требования Госатомнадзора и Госстандарта России при разработке, изготовлении, испытаниях и эксплуатации нового оборудования на АЭС.	Всего аудиторных часов		
		3	6	0
	Онлайн	0	0	0
9-15	<b>Основные проблемы эксплуатации АЭС. Продление срока эксплуатации АЭС.</b>	7	14	0
7	<b>Основные проблемы эксплуатации АЭС.</b> Оптимизация технологических режимов работы АЭС. Пуск и останов энергоблока. Перегрузка топлива. Виды и последствия нарушений в работе АЭС. Классификация отказов оборудования. Распределение отказов по видам оборудования. Оптимизация топливных циклов. Влияние "человеческого фактора" на эксплуатационные показатели. Концепция энергоблоков третьего поколения.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
	Онлайн	0	0	0
8	<b>Продление срока эксплуатации АЭС.</b> Методы исследования износовых отказов и оценки остаточного ресурса оборудования. Детерминистический и вероятностный анализ безопасности. Управление ремонтами энергоблоков. Примеры разработки и применения новых технологий при модернизации энергоблоков (Определение сопротивления хрупкого разрушения корпуса. Ремонт коллекторов ПГ, патрубков КД и ГЦТ на АЭС с ВВЭР и трубопроводов Ду300 на АЭС с РБМК. Замена ПК КД и ПГ, БЗОК на АЭС с ВВЭР-440. Обоснование остаточного ресурса верхнего блока, ВКУ АЭС с ВВЭР-440).	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
	Онлайн	0	0	0
10 - 11	<b>Вывод из эксплуатации АЭС.</b> Технические и технологические решения по выводу блоков из эксплуатации. Опыт работ по выводу из эксплуатации энергоблоков №1,2 НВАЭС и №1,2 БАЭС.	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
	Онлайн	0	0	0
12	<b>Обращение с РАО и ОЯТ на АЭС.</b> Классификация радиоактивных отходов (РАО). Принципиальная схема обращения с РАО на АЭС. Методы снижения объемов РАО. Технологии селективной сорбции	Всего аудиторных часов		
		1	2	0
	Онлайн	0	0	0

	нуклидов из ЖРО. Методы переработки ТРО. Схема обращения с ОЯТ на АЭС. Выдержка, хранение и транспортирование ОЯТ. Металлобетонные контейнеры. Дезактивация оборудования.									
13 - 14	<p><b>Повышение надежности тепломеханического оборудования АЭС.</b></p> <p>Повышение эффективности работы конденсационных систем турбин. Мероприятия по совершенствованию водно-химического режима второго контура. Программа модернизации парогенераторов. Контроль состояния турбинных лопаток. Вибромониторинг роторного оборудования.</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>0</td></tr> </table> <p>Онлайн</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	1	2	0	0	0	0		
1	2	0								
0	0	0								
14	<p><b>Совершенствование средств автоматизации и систем управления АЭС.</b></p> <p>Создание нового поколения систем управления и контроля. Аналоговые и цифровые технологии в АСУ ТП. СВРК-М и СЦК "Скала". Технические решения по усовершенствованию приводов СУЗ. Создание современного человека-машинного интерфейса. Разработка полномасштабных тренажеров. Концепция кризисного центра. Сетевые технологии.</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>0</td></tr> </table> <p>Онлайн</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	1	2	0	0	0	0		
1	2	0								
0	0	0								
15	<p><b>Диагностика оборудования АЭС.</b></p> <p>Неразрушающий контроль. Системы оперативной диагностики. Виброшумовая диагностика и акустический контроль. Режимная диагностика. Экспертные системы. Контроль герметичности твэл. Диагностика технического состояния арматуры. Особенности контроля и оценки состояния основного металла и сварных соединений на АЭС. Вихретоковый контроль теплообменных труб ПГ.</p>	<p>Всего аудиторных часов</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>0</td></tr> </table> <p>Онлайн</p> <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>	1	2	0	0	0	0		
1	2	0								
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
	8 Семестр
	<p><b>Примерные темы рефератов</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Программа и стратегия развития атомной энергетики.</li> <li>• Энерготехнологии нового поколения</li> <li>• Основные показатели работы АЭС.</li> <li>• НИОКР в области атомной энергетики.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Основные проблемы эксплуатации АЭС.</li> <li>• Продление срока эксплуатации АЭС.</li> <li>• Вывод из эксплуатации АЭС.</li> <li>• Обращение с РАО и ОЯТ на АЭС</li> <li>• Повышение надежности тепломеханического оборудования АЭС.</li> <li>• Совершенствование средств автоматизации и систем управления АЭС.</li> <li>• Диагностика оборудования АЭС.</li> </ul>
--	--

## ТЕМЫ СЕМИНАРОВ

Недели	Темы занятий / Содержание
	<i>8 Семестр</i>
1 - 2	<p><b>Введение. Программа и стратегия развития атомной энергетики.</b>  Роль и место атомной энергетики в современном мире. Прогнозы развития мирового и отечественного ТЭК. Требования, предъявляемые к строящимся и проектируемым АЭС. Ядерная, радиационная безопасность. Водородовзрывобезопасность. Пожаробезопасность. Экономические показатели работы АЭС. Особенности схемы кооперации предприятий и организаций при разработке и создании АЭС. Регламентация деятельности в атомной энергетике. Федеральный закон "Об использовании атомной энергии". Правовые основы эксплуатации АЭС.</p>
3 - 4	<p><b>Основные показатели работы АЭС.</b>  Динамика выработки электроэнергии на АЭС. Коэффициент использования установленной мощности (КИУМ). Влияние на КИУМ автоматических срабатываний АЗ, ремонтов, диспетчерских ограничений и других факторов. Оценка экономических показателей работы АЭС. Себестоимость электроэнергии. Принципы формирования и структура тарифов на электроэнергию.</p>
5 - 6	<p><b>НИОКР в области атомной энергетики.</b>  Стадии разработки нового оборудования для АЭС. Виды и содержание технической документации, сопровождающей НИОКР Технические требования. Техническое задание. Технические условия. Инструкция по эксплуатации. Подтверждение показателей разрабатываемой продукции. Межведомственные испытания. Опытно-промышленная эксплуатация. Лицензирование. Сертификация. Верификация программного обеспечения. Требования Госатомнадзора и Госстандарта России при разработке, изготовлении, испытаниях и эксплуатации нового оборудования на АЭС.</p>
7 - 8	<p><b>Основные проблемы эксплуатации АЭС.</b>  Оптимизация технологических режимов работы АЭС. Пуск и останов энергоблока. Перегрузка топлива. Виды и последствия нарушений в работе АЭС. Классификация отказов оборудования. Распределение отказов по видам оборудования. Оптимизация топливных циклов. Влияние "человеческого фактора" на эксплуатационные показатели. Концепция энергоблоков третьего поколения.</p>
9 - 10	<p><b>Продление срока эксплуатации АЭС.</b>  Методы исследования износовых отказов и оценки остаточного ресурса оборудования. Детерминистический и вероятностный анализ безопасности. Управление ремонтами энергоблоков. Примеры разработки и применения новых технологий при модернизации энергоблоков (Определение сопротивления хрупкого разрушения корпуса. Ремонт коллекторов ПГ, патрубков КД и ГЦТ на АЭС с ВВЭР и трубопроводов Ду300 на АЭС с РБМК. Замена ПК КД и ПГ, БЗОК на АЭС с ВВЭР-440. Обоснование остаточного ресурса верхнего блока, ВКУ АЭС с ВВЭР-440).</p>
11 - 12	<p><b>Вывод из эксплуатации АЭС.</b>  Технические и технологические решения по выводу блоков из эксплуатации. Опыт работ по выводу из эксплуатации энергоблоков №1,2 НВАЭС и №1,2 БАЭС.</p>

13	<b>Обращение с РАО и ОЯТ на АЭС.</b> Классификация радиоактивных отходов (РАО). Принципиальная схема обращения с РАО на АЭС. Методы снижения объемов РАО. Технологии селективной сорбции нуклидов из ЖРО. Методы переработки ТРО. Схема обращения с ОЯТ на АЭС. Выдержка, хранение и транспортирование ОЯТ. Металлобетонные контейнеры. Дезактивация оборудования.
14	<b>Повышение надежности тепломеханического оборудования АЭС.</b> Повышение эффективности работы конденсационных систем турбин. Мероприятия по совершенствованию водно-химического режима второго контура. Программа модернизация парогенераторов. Контроль состояния турбинных лопаток. Вибромониторинг роторного оборудования.
15	<b>Совершенствование средств автоматизации и систем управления АЭС.</b> Создание нового поколения систем управления и контроля. Аналоговые и цифровые технологии в АСУ ТП. СВРК-М и СЦК "Скала". Технические решения по усовершенствованию приводов СУЗ. Создание современного человеко-машинного интерфейса. Разработка полномасштабных тренажеров. Концепция кризисного центра. Сетевые технологии.
16	<b>Диагностика оборудования АЭС.</b> Неразрушающий контроль. Системы оперативной диагностики. Виброшумовая диагностика и акустический контроль. Режимная диагностика. Экспертные системы. Контроль герметичности твэл. Диагностика технического состояния арматуры. Особенности контроля и оценки состояния основного металла и сварных соединений на АЭС. Вихревоковый контроль теплообменных труб ПГ.

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Курс реализует компетентностный подход и 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-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-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-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15

	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-7	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-15
	З-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-8	В-ПК-7	Э, КИ-8, КИ-15
	З-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15
ПК-9	В-ПК-8	Э, КИ-8, КИ-15
	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		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	3 – «удовлетворительно»		
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. 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
2. 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
3. 621.039 П63 Оптимизация распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора : учебное пособие, Якунин И.С., Постников В.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. ЭИ П63 Оптимизация распределения энерговыделения в активной зоне ядерного реактора : учебное пособие для вузов, Якунин И.С., Постников В.В., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
5. ЭИ Я49 Технологические процессы производства тепловой и электрической энергии на АЭС : учебное пособие для вузов, Пинчук М.Э., Якубенко И.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 621.039 П31 Атомная энергия в науке и промышленности : , Петросянц А.М., М.: Энергоатомиздат, 1984
2. 621.039 М25 Атомная энергия и радиационная безопасность : , Маргулис У.Я., М.: Энергоатомиздат, 1988
3. 621.039 М25 Атомная энергия и радиационная безопасность : , Маргулис У.Я., М.: Энергоатомиздат, 1983
4. 621.039 П56 Атомно-водородная энергетика : Системные аспекты и ключевые проблемы, Пахомов В.П., Столяревский А.Я., Пономарев-Степной Н.Н., Москва: Энергоатомиздат, 2008
5. 621.3 О-76 Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ : , Швыряев Ю.В., Острайковский В.А., Москва: Физматлит, 2008
6. 621.039 К89 Вывод из эксплуатации объектов использования атомной энергии : учеб. пособие для вузов, Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д., Никитин В.С., Москва: , 2009
7. 621.039 Ч-61 Вывод ядерных и радиационно-опасных объектов из эксплуатации : , Чечёткин Ю.В., Димитровград: ГНЦ НИИАР, 2013

8. 621.039 Т41 Разработка продукции для атомной энергетики : учебное пособие для вузов, Тимонин А.С., Москва: МИФИ, 2008

9. 621.039 К89 Российская и мировая атомная энергетика : , Кузнецов В.М., Чеченов Х.Д., Москва: Московский гуманитарный ун-т, 2008

10. 621.3 Б19 Эксплуатация АЭС Ч.1 Работа АЭС в энергосистемах. Ч.2: Обращение с радиоактивными отходами, Баклужин Р.П., Москва: НИЯУ МИФИ, 2011

#### 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**

1. Учебная дисциплина обеспечена учебно-методической документацией и материалами. Ее содержание предста (Э-406)

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

### **ЛЕКЦИИ**

Главное внимание должно быть уделено базовым принципам, заложенным в каждую технологию и метод расчета, описанию используемого оборудования и условиям протекания процессов тепломассопереноса и проблемам эксплуатации сложного оборудования.

### **СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

Каждому студенту предлагается подготовить два реферата.

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

Для успешного освоения материала студентами на лекциях и семинарах желательно выдавать раздаточный материал, некоторые лекции проводятся в виде презентации в Ситуационном кризисном центре на базе ВНИИАЭС г. Москва.

#### **НА ЧТО НЕОБХОДИМО ОБРАТИТЬ ВНИМАНИЕ:**

##### **ЛЕКЦИИ**

Главное внимание должно быть уделено базовым принципам, заложенным в каждую технологию и метод расчета, описанию используемого оборудования и условиям протекания процессов тепломассопереноса и проблемам эксплуатации сложного оборудования.

##### **СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ**

Каждому студенту предлагается подготовить два реферата. Ориентировочные темы первого реферата:

##### **ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ:**

- Программа и стратегия развития атомной энергетики.
- Энерготехнологии нового поколения
- Основные показатели работы АЭС.
- НИОКР в области атомной энергетики.
- Основные проблемы эксплуатации АЭС.
- Продление срока эксплуатации АЭС.
- Вывод из эксплуатации АЭС.
- Обращение с РАО и ОЯТ на АЭС
- Повышение надежности тепломеханического оборудования АЭС.
- Совершенствование средств автоматизации и систем управления АЭС.
- Диагностика оборудования АЭС.

Во втором реферате необходимо рассмотреть научно-технические проблемы эксплуатации АЭС, связанные с темой преддипломной практики.

##### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ**

Дополнительную информацию по программам развития ядерной энергетики и ядерного топливного цикла также можно получить из следующих интернет-ресурсов:

- http://world-nuclear.org
- http://www.rosatom.ru
- http://www.rosenergoatom.ru
- http://www.armz.ru
- http://www.tvel.ru
- http://www.periodictable.ru
- http://www.webelements.com

Автор(ы):

Давиденко Николай Никифорович, д.т.н.

Рецензент(ы):

доцент Корсун А.С., доцент Куценко К.В.,  
профессор Митрофанова О.В.