

Балаковский инженерно-технологический институт – филиал федерального  
государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет атомной энергетики и технологий  
Кафедра «Атомная энергетика»

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине «Ядерные энергетические реакторы»

### **Специальность**

«14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»

### **Основная профессиональная образовательная программа**

«Системы контроля и управления атомных станций»

### **Квалификация выпускника**

Инженер-физик

### **Форма обучения**

Очная

## **Цель освоения дисциплины**

В системе подготовки специалистов теоретического и практического овладения типовыми решениями основных типов ядерных энергетических установок и навыками их эксплуатации, является одной из основных специальных дисциплин.

Знакомство с типами и устройствами современных ядерных энергетических реакторов, схемами, основными энергетическими показателями и способами их определения, с выбором и проектированием этих систем, а также с компоновкой оборудования, дать информацию о направлениях в совершенствовании данных устройств и развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки систем и их элементов, дать информацию о новых направлениях в совершенствовании данных систем в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки систем и их элементов, как отечественных так и зарубежных.

Дисциплина изучается в соответствии с профессиональными стандартами:

- «24.078. Специалист исследователь в области ядерно-энергетических технологий»;
- «24.032. Специалист в области теплоэнергетики (реакторное отделение)»;

- «24.033. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики атомной станции».

## **Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Ядерные энергетические реакторы» базируется на следующих дисциплинах: «Техническая термодинамика», «Гидродинамика и теплообмен», «Материаловедение и первичные профессиональные навыки».

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при выполнении дипломной выпускной работы и для изучения дисциплин: «Ядерные энергетические реакторы», «Парогенераторы», а также при прохождении производственных практик и государственной итоговой аттестации.

После изучения данной дисциплины студент сможет частично продемонстрировать следующие трудовые функции в соответствии с профессиональными стандартами:

– в соответствии с профессиональным стандартом «24.078. Специалист исследователь в области ядерно-энергетических технологий»: В/02.7. Обобщение результатов, проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработки предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий;

– в соответствии с профессиональным стандартом «24.032. Специалист в области теплоэнергетики (реакторное отделение)»: В/01.7. Обеспечение взаимодействия в процессе инженерно-технической поддержки при эксплуатации реакторного оборудования, технологических систем, основных фондов реакторного отделения АЭС;

– в соответствии с профессиональным стандартом «24.033. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики атомной станции»: С/01.7. Организация и контроль выполнения производственным подразделением работ по обеспечению эксплуатации СИ, СА и аппаратуры СУЗ на АС.

## **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

В процессе освоения данной дисциплины у студента формируются следующие компетенции:

профессиональные

Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Изучение и анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок, подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций.	Современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками.	ПК-1 Способен использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок	З-ПК-1 знать современную Техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок У-ПК-1 уметь использовать научно-техническую информацию для проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок В-ПК-1 владеть методами поиска и анализа научно-технической информации и опыта в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок
Математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований; подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций.	Ядерные, химические и тепловые процессы, протекающие в ядерных энергетических установках и на атомных станциях.	ПК-3 Способен к проведению исследований физических процессов в ядерных энергетических установках в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации	З-ПК-3 знать методы проведения исследований физических процессов У-ПК-3 уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок В-ПК-3 владеть методиками испытаний оборудования при его монтаже и наладке
Анализ процессов в ядерных энергетических установках с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы; обеспечение ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и радиоактивными	Современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками. Ядерные, химические и тепловые про-	ПК-9 Способен анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы	З-ПК-9 Знать правила и нормы в атомной энергетике, критерии эффективной и безопасной работы ЯЭУ; У-ПК-9 уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ; В-ПК-9 владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ.

отходами на АЭС (и ЯЭУ).	цессы, протекающие в ядерных энергетических установках и на атомных станциях.		
--------------------------	---	--	--

### Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

Направление/ цели	Создание условий, обеспечивающих	Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин	Вовлечение в разноплановую внеучебную деятельность
<b>Профессиональное воспитание</b>	– выработка ответственного отношения к осуществляемой работе в области проектирования, создания и эксплуатации атомных станций (АС) и других ядерных энергетических установок, вырабатывающих, преобразующих и использующих тепловую и ядерную энергию, включая входящие в их состав системы контроля, защиты и управления ( <b>В31</b> ).	Использование для формирования культуры ядерной и радиационной безопасности, выработки ответственного отношения к осуществляемой работе в области проектирования, создания и эксплуатации атомных станций (АС) и других ядерных энергетических установок воспитательного потенциала блока профессиональных дисциплин: Математическое моделирование процессов в оборудовании АЭС; Управление ядерными энергетическими установками; Ядерные энергетические реакторы; Автоматизированное проектирование электронных элементов и систем; Системы управления; Исполнительные устройства систем управления; Надежность технических систем АЭС (типы, оборудование, технологии, эксплуатация); Транспортные устройства АЭС; Парогенераторы; АСУ технологическими процессами АЭС; Жизненный цикл и проектирование АСУ техноло-	1. Организация и проведение экскурсий, научно-практических конференций, форумов, круглых столов, вебинаров по вопросам профессиональной деятельности 2. Участие в студенческих олимпиадах и конкурсах научных проектов, творческих мероприятиях, конкурсах профессионального мастерства, в том числе по стандартам WorldSkills. 3. Участие в подготовке публикаций в периодических научных изданиях; 4. Участие в деятельности студенческого научного общества

		гическими процессами; Турбомашинны; Режимы работы и эксплуатации оборудования АЭС; Основы эксплуатации реакторного оборудования АЭС; Автоматизация ядерных энергетических установок; Современные системы управления ЯЭУ; Радиационная безопасность АЭС; Дозиметрия ионизирующих излучений; Производство ремонта и монтажа оборудования АЭС; Ремонтное обслуживание реакторного и тепломеханического оборудования АЭС	
--	--	---	--

### Структура и содержание учебной дисциплины

Дисциплина преподается студентам в 9-ом семестре. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 ак. часа.

### Календарный план

№ Р а з д е л а	№ Т е м ы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Виды учебной деятельности (в часах)					Аттестация раздела (форма)	Максимальный балл за раздел
			Всего	Лекции	Лабораторные	Практические	СРС		
1	1.1	Классификация ядерных энергетических реакторов.		2	-	2	10	К	3
	1.2	Ядерный энергетический реактор РБМК.		2	-	4	-		3
	1.3	Тепловыделяющие сборки реактора РБМК.		2	-	2	-		3
	1.4	Системы и конструкции защиты реактора РБМК.		2	-	4	10		3
	1.5	Секционно-блочная конструкция реактора РБМК.		2	-	2	-		3
	1.6	Ядерные реакторы серии ВВЭР.3		2	-	4	10		3
	1.7	Регулирование тепловыделения в реакторе серии ВВЭР.		1	-	2	-		3

	1.8	Контроль тепловой мощности и полей энерговыделения в реакторе серии ВВЭР.		2	-	2	10		3
	1.9	Реакторная установка с ВВЭР-1000.		1	-	2	-		3
2	2.1	Вспомогательные системы реакторного отделения с реактором серии ВВЭР.		2	-	4	-	К	3
	2.2	Внутрикорпусные устройства. Назначение и проектные основы.		2	-	2	10		3
	2.3	Верхний блок реактора. Назначение и проектные основы.		2	-	2	-		3
	2.4	Быстрые реакторы с натриевым теплоносителем.		2	-	2	10		3
	2.5	Внутрикорпусные конструкции реактора серии БН.		2	-	4	4		3
	2.6	Реактор RAPSODIE.		2	-	2	-		3
	2.7	Реакторные материалы.		2	-	4	-		3
	2.8	Конструкция и характеристики тепловыделяющей сборки.		1	-	2	-		1
	2.9	Характеристики комплекса кассет в ядерном реакторе ВВЭР-1000		1	-	2	-		1
<b>Вид промежуточной аттестации</b>			<b>144/32</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>48/32</b>	<b>64</b>	<b>Экзамен</b>	<b>50</b>

\* - сокращенное наименование формы контроля

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

Сокращенное наименование форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
К	Коллоквиум
Э	Экзамен

### Содержание лекционного курса

Темы лекции. Вопросы, отрабатываемые на лекции	Всего часов	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3
Лекция 1. Тема лекции. Введение. 1. Классификация ядерных энергетических реакторов. 2. АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами с водой под давлением 3. Принципиальная схема АЭС с реактором с водой под давлением 4. АЭС с водо-водяными кипящими реакторами	2	[1-7]

5. АЭС с уран-графитовыми каналными реакторами 6. АЭС с тяжеловодными реакторами		
Лекция 2. <i>Тема лекции.</i> Ядерный энергетический реактор РБМК. 1. Структура активной зоны 2. Конструкция реакторной установки 3. Основные характеристики реактора РБМК-1000 4. Металлоконструкции реактора 5. Графитовая кладка РБМК-1000	2	[1-7]
Лекция 3. <i>Тема лекции.</i> Тепловыделяющие сборки реактора РБМК. 1. Технологический канал 2. Запорное устройство технологического канала 3. Канал системы управления и защиты 4. Коммуникации реактора 5. Тепловыделяющие сборки 6. Биологическая защита	2	[1-7]
Лекция 4. <i>Тема лекции.</i> Системы и конструкции защиты реактора РБМК. 1. Описание конструкции защиты 2. Перспективы развития каналных уран-графитовых реакторов	2	[1-20]
Лекция 5. <i>Тема лекции.</i> Секционнo-блочная конструкция реактора РБМК. 1. Секционнo-блочная конструкция реактора 2. Перегрев пара в активной зоне 3. Контур теплоносителя и компоновка оборудования	2	[1-7]
Лекция 6. <i>Тема лекции.</i> Ядерные реакторы серии ВВЭР. 1. Реактор энергетический, водо-водяной 2. Регулирование мощности реактора 3. Характеристики ядерные реакторы серии ВВЭР 4. Внутрикoрпусные устройства 5. Система управления и защиты 6. Борное регулирование	2	[1-7]
Лекция 7. <i>Тема лекции.</i> Регулирование тепловыделения в реакторе серии ВВЭР. 1. Контроль мощности и энерговыделения 2. Управление параметрами, пуски и остановы 3. Аварийная и предупредительная защита 4. Тепловыделяющий элемент 5. Тепловыделяющая сборка	1	[1-7]
Лекция 8. <i>Тема лекции.</i> Контроль тепловой мощностей и полей энерговыделения в реакторе серии ВВЭР. 1. Вспомогательные системы 2. Системы безопасности 3. Принцип работы схемы двухконтурного блока	2	[1-7]
Лекция 9. <i>Тема лекции.</i> Реакторная установка с ВВЭР-1000. 1. Внутрикoрпусные конструкции реактора 2. Активная зона 3. Способы крепления оборудования в реакторе 4. Безопасность эксплуатации.	1	[1-7]

<p>Лекция 10. <i>Тема лекции.</i> Вспомогательные системы реакторного отделения с реактором серии ВВЭР.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Система подпитки—продувки первого контура.</li> <li>2. Система боросодержащей воды и борного концентрата</li> <li>3. Система высокотемпературной байпасной очистки теплоносителя первого контура</li> <li>4. Система компенсации давления</li> <li>5. Система спецгазоочистки</li> </ol>	2	[1-7]
<p>Лекция 11. <i>Тема лекции.</i> Внутрикорпусные устройства.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назначение и проектные основы.</li> <li>2. Шахта реактора (с днищем)</li> <li>3. Конструкция шахты</li> <li>4. Блок защитных труб</li> <li>5. Выгородка</li> </ol>	2	[1-7]
<p>Лекция 12. <i>Тема лекции.</i> Верхний блок реактора.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назначение и проектные основы.</li> <li>2. Крышка реактора</li> <li>3. Крышка реактора с патрубками</li> </ol>	2	[1-7]
<p>Лекция 13. <i>Тема лекции.</i> Быстрые реакторы с натриевым теплоносителем.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные характеристики установок с реакторами на быстрых нейтронах</li> <li>2. Конструкция корпуса реакторов</li> <li>3. Реактор БН-600</li> </ol>	2	[1-7]
<p>Лекция 14. <i>Тема лекции.</i> Внутрикорпусные конструкции реактора серии БН.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Верхняя пробка реактора</li> <li>2. Быстрые реакторы с натриевым теплоносителем.</li> <li>3. Конструкция корпуса реакторов с натриевым теплоносителем.</li> </ol>	2	[1-7]
<p>Лекция 15. <i>Тема лекции.</i> Реактор RAPSODIE.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Активная зона FORTISSIMO</li> <li>2. Крепление активной зоны и внутрореакторные устройства</li> <li>3. Корпус реактора и защита</li> <li>4. Системы теплопередачи</li> </ol>	2	[1-7]
<p>Лекция 16. <i>Тема лекции.</i> Реакторные материалы.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физические свойства конструкционных материалов</li> <li>2. Основные свойства циркония.</li> <li>3. Факторы, приводящие к разрушению ТВЭЛ.</li> </ol>	2	[1-7]
<p>Лекция 17. <i>Тема лекции.</i> Конструкция и характеристики тепловыделяющей сборки.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назначение и работа тепловыделяющего элемента</li> <li>2. Конструкция и характеристики тепловыделяющего элемента</li> <li>3. Основные требования к конструкции ТВЭЛ.</li> <li>4. Конструкция и характеристики тепловыделяющей сборки</li> </ol>	1	[1-7]
<p>Лекция 18. <i>Тема лекции.</i> Характеристики комплекса кассет в ядерном реакторе ВВЭР-1000</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Система управления и защиты</li> <li>2. Вспомогательные системы</li> <li>3. Системы безопасности</li> <li>4. Спецводоочистка</li> </ol>	1	[1-7]



### Перечень практических занятий

Тема практического занятия. Вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
Конструкция и характеристики тепловыделяющей сборки	4	МУ
Материал корпуса реактора.	4	МУ
Реакторные материалы.	4	МУ
Реакторы ВТГР.	4	МУ
Пуск ядерной энергетической установки.	4	МУ
Теплогидравлический расчет реактора ВВЭР 1000 Часть 1.	4	МУ
Теплогидравлический расчет реактора ВВЭР 1000 Часть 2	4	МУ
Использования топлива в реакторе ВВЭР-1000.	4	МУ
Реактор АСТ – 500.	2	МУ
Краткое описание реакторной установки В-320 Часть 1.	4	МУ
Краткое описание реакторной установки В-320 Часть 2.	2	МУ
Реактор БН – 600.	4	МУ
Реактор ВВЭР-440.	4	МУ

### Задания для самостоятельной работы студентов

Вопросы для самостоятельного изучения (задания)	Всего часов	Учебно- методическое обеспечение
1	2	3
Тип ядерного энергетического реактора РБМК. Отличия от других типов	6	[1-7]
Системы и конструкции защиты реактора РБМК.	8	[1-7]
Ядерные реакторы серии ВВЭР. Отличия от других типов. Преимущества.	6	[1-7]
Контроль тепловой мощности в реакторе серии ВВЭР.	6	[1-7]
Внутрикорпусные устройства реактора серии ВВЭР.	6	[1-7]
Быстрые реакторы с натриевым теплоносителем.	8	[1-7]
Внутрикорпусные конструкции реактора серии БН.	6	[1-7]
Реактор RAPSODIE и его параметры.	6	[1-7]
Реактор ВВЭР-440. Гидравлическая схема	6	[1-7]
Конструкция и материалы для тепловыделяющей сборки.	6	[1-7]

## Образовательные технологии

Реализация освоения данной дисциплины обеспечивается доступом каждого обучающегося к базам данных и библиотечным фондам, формируемым по полному перечню дисциплин (модулей) основной образовательной программы. В БИТИ действуют компьютерные классы, в которых проводятся занятия по различным дисциплинам специальности 14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг», в том числе и классы обеспечены доступом к сети Интернет для самостоятельной подготовки студентов. На кафедре имеются компьютеры с возможностью работы в специальных программах и доступа к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам, к таким как база данных периодических изданий.

Практическая подготовка при реализации учебной дисциплины организуется путем проведения практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка также включает в себя занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, необходимой для последующего выполнения работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

В соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ «МИФИ» по специальности 14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг» реализация компетентного подхода в процессе изучения дисциплины предполагает организацию интерактивных занятий. Интерактивные занятия проводятся в виде практических занятий, во время которых обучающиеся в непосредственном контакте с преподавателем осваивают практические навыки проведения экспериментальных исследований.

## 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:

№ п/п	Наименование контролируемых разделов (темы)	Код и наименование индикатора достижения компетенций	Наименование оценочного средства
Входной контроль			
1	Входной контроль		Вопросы входного контроля (письменно)
Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости			
2	Типы и разновидности ядерных энергетических реакторов.	ПК-1, 3, 9	коллоквиум (устно)
3	Вспомогательные и внутрикорпусные системы ядерных энергетических реакторов.	ПК-1, 3, 9	коллоквиум (устно)
Промежуточная аттестация			
4	Экзамен	ПК-1, 3, 9	Вопросы к экзамену (устно)

## Оценочные средства для входного контроля, текущего контроля и промежуточной аттестации

Входной контроль предназначен для выявления пробелов в знаниях студентов и готовности их к получению новых знаний. Оценочные средства для входного контроля представ-

ляют собой вопросы, которые задаются студентам в устной форме.

1. Для чего предназначен диффузор?
  - а) – для увеличения скорости потока
  - б) – для торможения потока
  - в) – для повышения давления потока
  - г) – для дросселирования потока.
2. Как меняется напор насоса (центробежного) с увеличением его подачи?
  - а) – не изменяется
  - б) – уменьшается
  - в) – увеличивается
3. Как определяется полезная мощность насоса  $N_p$ ?
4. Какая величина определяется отношением полезной мощности к мощности насоса?
5. Что определяет заряд ядра?
  - а) число протонов
  - б) число нейтронов
  - в) число электронов
6. Взаимодействие составных частей атома и ядра происходит в различных полях, характеризующихся
  - а) электромагнитными (взаимодействие зарядов)
  - б) гравитационными (притяжение масс)
  - в) ядерными (притяжение нуклонов) силамиКакие из них самые мощные?
7. В каких единицах измеряется плотность вещества?
  - а)  $\text{кг} \cdot \text{м}^2$
  - б)  $\text{м}^3/\text{кг}$
  - в)  $\text{кг}/\text{м}^3$
  - г)  $\text{Дж}/\text{кг}$
8. В каких единицах измеряется работа
  1. Вт (ватт)
  2. Па (Паскаль)
  3. Н (Ньютон)
  4. Дж (Джоуль)
9. Единицы измерения мощности?
  1. Вт
  2. Па
  3. Н
  4. Дж
10. Как взаимодействуют два одинаковых заряда?
  - а) отталкиваются
  - б) притягиваются
  - г) не взаимодействуют

В качестве оценочного средства аттестации разделов используются устный и выполнение практических заданий, опрос на лекциях .

#### Вопросы для коллоквиума

1. Система подпитки—продувки первого контура.
2. Система боросодержащей воды и борного концентрата

3. Система высокотемпературной байпасной очистки теплоносителя первого контура
4. Система компенсации давления
5. Система спецгазоочистки
6. Назначение и проектные основы.
7. Шахта реактора (с днищем)
8. Конструкция шахты
9. Блок защитных труб
10. Выгородка
11. Назначение и проектные основы.
12. Крышка реактора
13. Крышка реактора с патрубками

По итогам обучения выставляется экзамен.

Для промежуточной аттестации предусмотрены вопросы к экзамену.

#### **Вопросы к экзамену**

1. Основные типы реакторов
2. Классификация ядерных энергетических реакторов
3. Ядерный энергетический реактор РБМК. Структура активной зоны.
4. Структура активной зоны энергетического реактора РБМК
5. Конструкция реакторной установки реактора РБМК
6. Основные характеристики реактора РБМК-1000
7. Металлоконструкции реактора РБМК-1000.
8. Графитовая кладка РБМК-1000
9. Технологический канал реактора РБМК.
10. Запорное устройство технологического канала реактора РБМК.
11. Канал системы управления и защиты реактора РБМК.
12. Коммуникации реактора РБМК.
13. Тепловыделяющие сборки реактора РБМК.
14. Биологическая защита реактора РБМК.
15. Описание конструкции защиты реактора РБМК.
16. Перспективы развития канальных уран-графитовых реакторов
17. Секционно-блочная конструкция реактора РБМК.
18. Температурный режим в канальных реакторах РБМК.
19. Контур теплоносителя и компоновка оборудования.
20. Ядерный реактор серии ВВЭР.
21. Основные узлы реактора серии ВВЭР.
22. Внутрикорпусные устройства реактора серии ВВЭР
23. Система управления и защиты реактора серии ВВЭР - 1000
24. Борное регулирование тепловыделения в реакторе серии ВВЭР
25. Контроль мощности и энерговыделения в реакторе серии ВВЭР.
26. Управление параметрами, пуски и остановки реактора в реакторе серии ВВЭР.
27. Аварийная и предупредительная защита реактора серии ВВЭР
28. Ядерное топливо для реакторов ВВЭР-1000.
29. Тепловыделяющий элемент, тепловыделяющая сборка для реакторов ВВЭР-1000.
30. Реакторная установка с ВВЭР-1000.
31. Вспомогательные системы реакторного отделения с реактором серии ВВЭР.
32. Системы безопасности ВВЭР-1000.
33. Технологическая схема водо-водяного энергетического реактора ВВЭР-1000

34. Турбинное отделение для энергоблоков с ВВЭР-1000
35. Спецводоочистка для энергоблоков с ВВЭР-1000
36. Внутрикорпусные устройства. Назначение и проектные основы.
37. Шахта внутрикорпусная
38. Блок защитных труб.
39. Верхний блок реактора. Назначение и проектные основы.
40. Уплотнения патрубков верхнего блока.
41. Блок электроразводок. Назначение.
42. Быстрые реакторы с натриевым теплоносителем.
43. Конструкция корпуса реакторов с натриевым теплоносителем.
44. Отечественный реактор БН-600
45. Внутрикорпусные конструкции реактора серии БН.
46. Активная зона реактора БН-600.
47. Сравнение конструкционных и компоновочных решений интегральных и петлевых реакторов на быстрых нейтронах
48. Эксплуатация и обслуживание реактора серии БН.
49. Реакторные материалы.
50. Топливо для реакторов.
51. Назначение и работа тепловыделяющего элемента.
52. Основные требования к конструкции ТВЭЛа.
53. Конструкция и характеристики тепловыделяющей сборки
54. Характеристики комплекса кассет в ядерном реакторе ВВЭР-1000

### **Шкалы оценки образовательных достижений**

<b>Сумма баллов</b>	<b>Оценка (ECTS)</b>	<b>Пятибальная система</b>	<b>Характеристика знаний студентов</b>
90 – 100	A	отлично	“Отлично” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
85 – 89	B	хорошо	“Очень хорошо” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.
75 – 84	C		“Хорошо” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, неко-

			торые виды заданий выполнены с ошибками.
65 – 74	D		“Удовлетворительно” - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
60 - 64	E	удовлетворительно	“Посредственно” - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.
Ниже 60	F	не удовлетворительно	“Неудовлетворительно” - очень слабые знания, недостаточные для понимания курса, имеется большое количество основных ошибок и недочетов.

## **Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

Основная литература:

1. Лебедев, В. А. Ядерные энергетические установки : учебное пособие / В. А. Лебедев. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 192 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/67466/#4>
2. Сахин, В. В. Устройство и действие энергетических установок : учебное пособие / В. В. Сахин. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, [б. г.]. — Книга 1 : Поршневые машины. Паровые турбины — 2015. — 172 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75171/#1>

Дополнительная литература:

3. Алферов, В. П. Исследовательский ядерный реактор ИРТ МИФИ : учебное пособие / В. П. Алферов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2012. — 132 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75769/#3>
4. Лескин, С. Т. Физические особенности и конструкция реактора ВВЭР-1000 : учебное пособие / С. Т. Лескин, А. С. Шелегов, В. И. Слободчук. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 116 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75760/#116>
5. Наумов, В. И. Физические основы безопасности ядерных реакторов : учебное пособие / В. И. Наумов. — 2-е изд. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2013. — 148 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75778/#3>
6. Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР : учебное пособие / С. Б. Выговский, А. А. Семенов, Н. О. Рябов, Е. В. Чернов. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 376 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75766/#1>
7. Шелегов, А. С. Физические особенности и конструкция реактора РБМК-1000 : учебное пособие / А. С. Шелегов, С. Т. Лескин, В. И. Слободчук. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 64 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75767/#62>

## **Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины**

Лекции и практические занятия проводятся в учебной аудитории, оснащенной мультимедийным оборудованием для презентаций по темам лекционных занятий.

Практические занятия могут проводиться в лаборатории «Виртуальные комплексы» с использованием виртуального комплекса «Атомные электростанции» ПЛ-ВЭТ-АТОЭС0-03.

### **Учебно-методические рекомендации для студентов**

#### **1. Указания для прослушивания лекций**

Перед началом занятий внимательно ознакомиться с учебным планом проведения лекций и списком рекомендованной литературы.

Перед посещением очередной лекции освежить в памяти основные концепции пройденного ранее материала. Подготовить при необходимости вопросы преподавателю. Не надо опасаться, что вопросы могут быть простыми.

На лекции основное внимание следует уделять не формулам и математическим выкладкам, а содержанию изучаемых вопросов, определениям и постановкам задач.

В процессе изучения лекционного курса необходимо по возможности часто возвращаться к основным понятиям и методам решения задач (здесь возможен выборочный контроль знаний студентов).

Желательно использовать конспекты лекций, в которых используется принятая преподавателем система обозначений.

Для более подробного изучения курса следует работать с рекомендованными литературными источниками и вновь появляющимися источниками.

#### **2. Указания для участия в практических занятиях**

Перед посещением уяснить тему практического занятия и самостоятельно изучить теоретические вопросы.

В конце занятия при необходимости выяснить у преподавателя неясные вопросы.

Основные результаты выполнения работы необходимо распечатать.

#### **3. Самостоятельная работа студентов обычно складывается из нескольких составляющих:**

- работа с текстами: учебниками, историческими первоисточниками, дополнительной литературой, в том числе материалами интернета, а также проработка конспектов лекций;
- написание докладов, рефератов;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к зачету непосредственно перед ним.

Таким образом, самостоятельная работа студентов является необходимым компонентом получения полноценного высшего образования.

### **Методические рекомендации для преподавателей**

#### **1. Указания для проведения лекций**

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса и отметить новые методы и подходы к решению задач, рассматриваемых в курсе, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

При подготовке к лекционным занятиям необходимо продумать план его проведения, содержание вступительной, основной и заключительной части лекции, ознакомиться с новинками учебной и методической литературы, публикациями периодической печати по теме лекционного занятия. Уточнить план проведения практического занятия по теме лекции. Перед изложением текущего лекционного материала напомнить об основных итогах, достигнутых на предыдущих лекциях. С этой целью задать несколько вопросов аудитории и осуществить выборочный контроль знания студентов.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия. Раскры-

вая содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов.

Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя, категориальный аппарат. В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить с докладами и рефератами.

На последней лекции уделить время для обзора наиболее важных положений, рассмотренных в курсе.

## 2. Указания для проведения практических занятий

Четко обозначить тему практического занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой занятия.

В процессе решения задач вести дискуссию со студентами о правильности применения теоретических знаний.

Отмечать студентов, наиболее активно участвующих в решении задач и дискуссиях.

В конце практического занятия задать аудитории несколько контрольных вопросов.

## 3. Указания по контролю самостоятельной работы студентов

По усмотрению преподавателя задание на самостоятельную работу может быть индивидуальным или фронтальным.

При использовании индивидуальных заданий требовать от студента письменный отчет о проделанной работе.

При применении фронтальных заданий вести коллективные обсуждения со студентами основных теоретических положений.

С целью контроля качества выполнения самостоятельной работы требовать индивидуальные отчеты (допустимо вместо письменного отчета применять индивидуальные контрольные вопросы).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ и учебным планом основной образовательной программы по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Рабочую программу составил профессор Разуваев А. В.

Рецензент: доцент Ефремова Т.А

Программа одобрена на заседании УМКС 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг.

Председатель учебно-методической комиссии Ефремова Т.А.