

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 «Основы эксплуатации реакторного оборудования АЭС»

#### **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

Балаково

**Целью освоения дисциплины является:**

- формирование у будущих инженеров знаний в области теоретических основ исследований преобразования внутренней, тепловой и механической энергии в электрическую в энергетических установках АЭС различного типа, а также основ проектирования и эксплуатации этих установок;

- приобретение навыков расчета параметров и условий безопасной эксплуатации оборудования атомных электростанций при работе в переменных режимах, составление тепловых балансов и расчет основных технико-экономических показателей электростанций.

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»

«24.081. Специалист (инженер) в области технического обслуживания и ремонта на атомной станции»

«24.088. Специалист (инженер) по эксплуатации и руководству эксплуатацией блока (блоков) атомной электростанции»

**Задачи освоения дисциплины:**

- изучение основных способов и режимов в переменных условиях эксплуатации оборудования и систем АЭС;

- обоснование взаимосвязи и зависимости параметров режимов работы установки, анализ полученных результатов измерений и разработка способов их регулирования;

- формирование способности у студента анализировать параметры аварийных режимов, выявлять их причины, локализовать и ликвидировать аварийные ситуации;

- формирование способности у студента работать с нормативными документами.

**Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Основы эксплуатации реакторного оборудования АЭС»

изучается на основе знаний и умений по следующим *дисциплинам и разделам*:

- АЭС (типы, оборудование, технологии, эксплуатация);

- ядерные энергетические реакторы;

- теплообменное оборудование АЭС;

- насосы, вентиляторы, компрессоры;

- Транспортные устройства АЭС;

- Парогенераторы;

- Методы и средства цифровой обработки сигналов;

- Проектирование систем управления.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Основы эксплуатации реакторного оборудования АЭС» используются при дипломном проектировании - основная часть и специальная часть.

После изучения данной дисциплины студент сможет частично продемонстрировать следующие трудовые функции:

В/02.7. Обобщение результатов, проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с целью выработка предложений по разработке новых и усовершенствованию действующих ядерно-энергетических технологий.

В/01.7. Обеспечение взаимодействия в процессе инженерно-технической поддержки при эксплуатации реакторного оборудования, технологических систем, основных фондов реакторного отделения АЭС.

С/01.7. Организация и контроль выполнения производственным подразделением работ по обеспечению эксплуатации СИ, СА и аппаратуры СУЗ на АС.

В.7. Разработка, организация и анализ процедур технического обслуживания и ремонта оборудования и трубопроводов технологических систем.

С/03.7. Организация и контроль выполнения ТОиР СИ, СА и аппаратуры СУЗ, контроль своевременности проведения профилактических осмотров и различных видов ремонта.

В/01.7. Обеспечение эксплуатации, проведения ремонтов, технического обслуживания, наладки и испытаний оборудования реакторного (реакторно- турбинного) цеха.

С.7. Контроль выполнения подразделением комплекса работ по эксплуатации и ТОиР СИ, СА и аппаратуры СУЗ (по профилю подразделения).

**Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины профессиональные:**

| Задачи профессиональной деятельности (ЗПД)   | Объект или область знания   | Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции   |
|--|---|---|---|
| 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<br>У-ПК-3 уметь проводить исследования и испытания оборудования ядерных энергетических установок<br>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 отходами на АЭС (и ЯЭУ). | Современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно - физическими установками. Ядерные, химические и тепловые процессы, протекающие в | 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;<br>У-ПК-9 уметь анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ;<br>В-ПК-9 владеть методами анализа нейтронно-физических и технологических процессов в ЯЭУ. |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
|   | ядерных энергетических установках и на атомных станциях.   |  |   |
| Разработка проектно-технологической документации по выводу из эксплуатации объектов использования атомной энергии.  | Ядерно-энергетическое, тепломеханическое, транспортно-технологическое и иное оборудование атомных станций.   | ПК - 11 Способен анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС | З-ПК-11 знать правила техники безопасности при проведении монтажа, ремонта и демонтажа оборудования ЯЭУ;<br>У-ПК-11 уметь проводить монтаж, ремонт и демонтаж оборудования ЯЭУ применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АЭС;<br>В-ПК-11 владеть навыками монтажных и демонтажных работ на технологическом оборудовании  |
| 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 радиоактивным и отходами на АЭС (и ЯЭУ). | Современная электронная схемотехника, электронные системы ядерных и физических установок, системы автоматизированного управления ядерно-физическими установками. Ядерные, химические и тепловые процессы, протекающие в ядерных энергетических установках и на атомных станциях. | ПК-9.1 Способен осуществлять контроль выполнения подразделением комплекса работ по эксплуатации и ТОиР СИ, СА и аппаратуры СУЗ   | З-ПК-9.1 Базовые знания в естественнонаучных и технических областях по профилю деятельности. Технологию и технологические системы АС, состав, функции и алгоритмы автоматизированной системы управления технологическими процессами АС, систем контроля и управления, регламента эксплуатации АС. Назначения, принципы действия, параметры, алгоритмы работы измерительного оборудования и аппаратуры СУЗ АС. Технические характеристики оборудования КИПиА и аппаратуры СУЗ, их территориальное расположение на АС, устройство и принципы работы.<br>У-ПК-9.1 Пользоваться конструкторской, технической, производственно-технологической и нормативной документацией. Использовать информационные технологии при реализации профессиональной деятельности. Принимать и осваивать вновь вводимые СИ, СА и аппаратуру СУЗ.<br>В-ПК-9.1 Современными средствами, передовыми технологиями контроля и измерений и перспективами их развития. Принципами и методами контроля и обеспечения качества эксплуата- |

## Задачи воспитания, реализуемые в рамках освоения дисциплины

| Направление/<br>цели                           | Создание условий,<br>обеспечивающих   | Использование воспита-<br>тельного потенциала<br>учебных дисциплин  | Вовлечение в разно-<br>плановую внеучебную<br>деятельность   |
|--|---|---|--|
| <b>Профессио-<br/>нальное вос-<br/>питание</b> | – выработка<br>ответственного от-<br>ношения к осу-<br>ществляемой работе<br>в области проекти-<br>рования, создания и<br>эксплуатации атом-<br>ных станций (АС) и<br>других ядерных<br>энергетических<br>установок, выраба-<br>тывающих, преобра-<br>зующих и использу-<br>ющих тепловую и<br>ядерную энергию,<br>включая входящие в<br>их состав системы<br>контроля, защиты и<br>управления (В31). | Использование для фор-<br>мирования культуры<br>ядерной и радиационной<br>безопасности, выработки<br>ответственного отноше-<br>ния к осуществляемой<br>работе в области проек-<br>тирования, создания и<br>эксплуатации атомных<br>станций (АС) и других<br>ядерных энергетических<br>установок воспитатель-<br>ного потенциала блока<br>профессиональных дис-<br>циплин:<br>Математическое моде-<br>лирование процессов в<br>оборудовании АЭС;<br>Управление ядерными<br>энергетическими уста-<br>новками; Ядерные энер-<br>гетические реакторы;<br>Автоматизированное<br>проектирование элек-<br>тронных элементов и си-<br>стем;<br>Системы управления;<br>Исполнительные устрой-<br>ства систем управления;<br>Надежность технических<br>систем<br>АЭС (типы, оборудова-<br>ние, технологии, эксплу-<br>атация);<br>Транспортные устрой-<br>ства АЭС;<br>Парогенераторы;<br>АСУ технологическими<br>процессами АЭС;<br>Жизненный цикл и про-<br>ектирование АСУ техно-<br>логическими процессами;<br>Турбомашины;<br>Режимы работы и экс- | 1. Организация и<br>проведение экскурсий,<br>научно-практических<br>конференций, форумов,<br>круглых столов, вебина-<br>ров по вопросам профес-<br>сиональной деятельно-<br>сти<br>2. Участие в студен-<br>ческих олимпиадах и<br>конкурсах научных про-<br>ектов, творческих меро-<br>приятиях, конкурсах<br>профессионального ма-<br>стерства, в том числе по<br>стандартам WorldSkills.<br>3. Участие в подго-<br>товке публикаций в пе-<br>риодических научных<br>изданиях;<br>4. Участие в дея-<br>тельности студенческого<br>научного общества |

|  |  |   |  |
|--|--|---|--|
|  |  | эксплуатации оборудования АЭС;<br>Основы эксплуатации реакторного оборудования АЭС;<br>Автоматизация ядерных энергетических установок;<br>Современные системы управления ЯЭУ;<br>Радиационная безопасность АЭС;<br>Дозиметрия ионизирующих излучений;<br>Производство ремонта и монтажа оборудования АЭС;<br>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

| №<br>Р<br>а<br>з<br>д<br>е<br>л<br>а | №<br>Т<br>е<br>м<br>ы | Наименование раздела (темы) дисциплины              | Виды учебной деятельности (в часах) |        |              |              |     | Аттестация раздела (форма) | Максимальный балл за раздел |
|--------------------------------------|-----------------------|---|-------------------------------------|--------|--------------|--------------|-----|----------------------------|-----------------------------|
|                                      |                       |   | Всего                               | Лекции | Лабораторные | Практические | СРС |                            |                             |
| 1                                    | 1                     | Введение. Термины и определения                     | 4                                   | 2      |              |              | 2   | КЛ1                        | 25                          |
|                                      | 2                     | Тема 1. Организация эксплуатации АЭС.               | 10                                  | 6      |              | 2            | 2   |                            |                             |
|                                      | 3                     | Тема 2. Стационарные режимы работы АЭС.             | 16                                  | 8      |              | 2            | 6   |                            |                             |
|                                      | 4                     | Тема 3. Нормальная эксплуатация: переходные режимы. | 18                                  | 8      |              | 6            | 4   |                            |                             |
|                                      | 5                     | Тема 4. Работа АЭС в энергосистемах                 | 18                                  | 8      |              | 4            | 6   |                            |                             |
| 2                                    | 6                     | Тема 5. Отдельные вопросы нормальной эксплуатации   | 18                                  | 8      |              | 4            | 6   | КЛ2                        | 25                          |

|                                     |    |   |               |           |  |              |           |                |           |
|-------------------------------------|----|---|---------------|-----------|--|--------------|-----------|----------------|-----------|
|                                     | 7  | Тема 6. Обеспечение надежности и безопасности эксплуатации при отказах оборудования | 18            | 8         |  | 4            | 6         |                |           |
|                                     | 8  | Тема 7. Технико-экономические показатели эксплуатации.                              | 14            | 4         |  | 4            | 6         |                |           |
|                                     | 9  | Тема 8. Ввод в эксплуатацию новых АЭС.  | 14            | 4         |  | 4            | 6         |                |           |
|                                     | 10 | Тема 9. Снятие энергоблоков с эксплуатации. Продление эксплуатации.                 | 14            | 8         |  | 2            | 4         |                |           |
| <b>Вид промежуточной аттестации</b> |    |   | <b>144/32</b> | <b>64</b> |  | <b>32/32</b> | <b>48</b> | <b>Экзамен</b> | <b>50</b> |

### Содержание лекционного курса

| Тема лекции.<br>Вопросы, отрабатываемые на лекции   | Всего часов | Учебно-методическое обеспечение |
|---|-------------|---------------------------------|
| 1   | 2           | 3                               |
| Лекция 1. Эксплуатирующая организация. Государственное регулирование безопасности при эксплуатации АЭС. Федеральные надзорные органы. Госатомнадзор.<br>Организация эксплуатации на АЭС. Задачи эксплуатации. Структура оперативного управления АЭС. Подготовка персонала. Периодический контроль знаний.   | 2           | 1-6                             |
| Лекция 2. Противоаварийные тренировки. Тренажеры. Техническая эксплуатационная документация. Организационные меры по обеспечению эксплуатации. Ответственность персонала.<br>Лекция 3. Понятие о режимах эксплуатации. Понятие о нормальной эксплуатации. Номинальный и ненормальный режимы. Пределы и условия нормальной эксплуатации. Перечень режимов нормальной эксплуатации.<br>Лекция 4. Стационарный режим. Режим работы на мощности как основной. Отличия реальных режимов от проектных.  | 6           | 1-6                             |
| Лекция 5. Факторы, влияющие на переходные режимы. Термомеханические напряжения, возникающие при изменении режимов. Процессы, связанные с накоплением в активной зоне ксенона. Работоспособность оболочек ТВЭЛ. Понятие о пусковой схеме.<br>Лекция 6. Общая характеристика переходных режимов. Сложность переходных режимов. Требования к переходным режимам нормальной эксплуатации. Пуск энергоблока из различных тепловых состояний. Перечень пусковых этапов и их основное содержание.<br>Лекция 7. Нормальный останов блока. Переход с одного уровня мощности на другой, отключение и включение оборудования | 8           | 1-6                             |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| <p>(ГЦН, ТПН, Циркуляционных насосов турбины).</p> <p>Лекция 8. Пуск отдельных видов оборудования. Пуск реактора (требования, особенности, регламентирующие нормы, безопасность). Пуск турбины, ГЦН и другого оборудования (требования, особенности, регламентирующие нормы, безопасность).</p>   |   |     |
| <p>Лекция 9. Переходные режимы энергоблоков. Пуск энергоблока ВВЭР-1000 после перегрузки. Особенности пуска из "холодного", "полугорячего" и "горячего" состояний.</p> <p>Лекция 10. Особенности пуска блоков РБМК и БН. Нормальный останов блока на примере ВВЭР-1000. Другие переходные процессы (переход с одного уровня мощности на другой, отключение и включение петель или основного оборудования при работе блока).</p> <p>Лекция 11. Энергосистемы. Условия работы энергосистем. Требования к АЭС со стороны энергосистем. Необходимость привлечения АЭС к регулированию нагрузки.</p> <p>Лекция 12. Маневренность АЭС. Показатели маневренности. Маневренные характеристики оборудования и блоков разных типов в целом. Пути повышения маневренности АЭС.</p>   | 8 | 1-6 |
| <p>Лекция 13. Энергораспределение по активной зоне и его регулирование.</p> <p>Лекция 14. Требования к водно-химическому режиму и к качеству натриевого теплоносителя. Способы их обеспечения. Управление ресурсом.</p> <p>Лекция 15. Контроль герметичности ТВЭЛ, технологический и специальный контроль, специальные методы контроля состояния оборудования.</p> <p>Лекция 16. Обращение с жидкими, твердыми, газообразными радиоактивными отходами.</p>  | 8 | 1-6 |
| <p>Лекция 17. Общие положения по теории надежности. Матрица возможных состояний оборудования. Требования к режимам при нарушении нормальной эксплуатации, приоритетность целей при нарушении нормальной эксплуатации оборудования и систем энергоблока блока.</p> <p>Лекция 18. Понятие об ожидаемом эксплуатационном нарушении (аномалии, отказы, аварии). Шкала МАГАТЭ по аварийным событиям. Стратегия глубокоэшелонированной защиты. Обеспечение соблюдения проектных пределов и условий. Перечень аварийных ситуаций и отказов. Понятия о максимальных проектных авариях для разных типов блоков АЭС.</p> <p>Лекция 19. Аварийные блокировки и защиты. Роль и задачи оперативного персонала при отказах и аварийных событиях.</p> <p>Лекция 20. Режимы энергоблока. Режимы энергоблока при отказах основного оборудования: ГЦН, парогенераторов и турбогенераторов, при резких сбросах нагрузки.</p> | 8 | 1-6 |
| <p>Лекция 21. Ситуации, связанные с вводом положительной реактивности (различные возможные случаи). Полное обесточивание АЭС, Разрывы трубопроводов первого и второго контуров.</p> <p>Лекция 22. Алгоритмы работы защит, блокировок и систем безопасности. Примеры реальных ситуаций на разных типах АЭС.</p> <p>Лекция 23. Основные показатели: коэффициент использования установленной мощности, коэффициент использования рабочего</p>  | 8 | 1-6 |



|  |   |           |
|--|---|-----------|
| <p>времени, коэффициент готовности, себестоимость энергии, коэффициент полезного действия и расходы на собственные нужды, штатный коэффициент. Смысл этих показателей, границы применимости, значения на реальных АЭС.</p> <p>Лекция 24. Пути улучшения технико-экономических характеристик в процессе эксплуатации.</p>   |   |           |
| <p>Лекция 25. Основные этапы ввода АЭС в эксплуатацию. Порядок приемки в эксплуатацию вновь построенных энергоблоков АЭС. Организационные основы. Сроки выполнения работ.</p> <p>Лекция 26. Предпусковые наладочные работы. Функциональная наладка оборудования, арматуры и систем в целом. Пусконаладочные работы на основных и вспомогательных системах. Особенности пусконаладочных работ на реакторах РБМК и ВВЭР.</p>   | 4 | 1-6       |
| <p>Лекция 27. Физический пуск. Организационные и технические меры по обеспечению безопасности, порядок набора критической массы, измерение эффективности и калибровка органов СУЗ, определение эффектов реактивности, распределения энерговыделения. Особенности проведения физического пуска на серийных блоках.</p> <p>Лекция 28. Энергетический пуск. Организация руководства работами при энергетическом пуске, принципы построения программы и проведения работ, основные этапы, эксперименты и измерения. Снятие энергоблоков АЭС с эксплуатации.</p>  | 4 | 1-6       |
| <p>Лекция 29. Постановка вопроса и разработка комплексной программы работ. Основные этапы работ. Обеспечение безопасности при снятии энергоблоков АЭС с эксплуатации.</p> <p>Лекция 30. Продление эксплуатации. Допустимость постановки вопроса, подходы и критерии. Примеры из отечественной практики.</p> <p>Лекция 31. Изменение параметров при изменении мощности, влияние их на режимы и технико-экономические показатели. Способы реализации статических характеристик.</p> <p>Лекция 32. Регулирование работы электростанции как целостного источника энергогенерации. Работа оперативного персонала. Расчет тепловой мощности реактора.</p> <p>Стояночные режимы. Режимы реакторных установок, в том числе специальные ремонтные режимы.</p> <p>Характерные тепловые состояния турбоустановок.</p> | 8 | 1-6       |
| <b>ВСЕГО</b>   |   | <b>64</b> |

### Перечень практических занятий

| Тема практического занятия.<br>Задачи, решаемые на практическом занятии | Всего часов | Учебно-методическое обеспечение |
|---|-------------|---------------------------------|
| <b>1</b>  | <b>2</b>    | <b>3</b>                        |
| Расчет стационарного режима работы энергоблока ВВЭР-1000:               | 8           | (1-4)                           |
| Расчет переходных режимов работы энергоблока ВВЭР-1000                  | 8           | (1-4)                           |

|  |           |       |
|--|-----------|-------|
| Расчет маневренного режима работы энергоблока ВВЭР-1000                      | 8         | (1-4) |
| Расчет режим работы при отказах основного оборудования энергоблока ВВЭР-1000 | 8         | (1-4) |
| <b>Итого</b>   | <b>32</b> |       |

### **Перечень тем лабораторных работ**

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены

### **Задания для самостоятельной работы студентов**

| <b>Задания, вопросы для самостоятельного изучения</b>  | <b>Всего часов</b> | <b>Учебно-методическое обеспечение</b> |
|--|--------------------|--|
| <b>3</b>   | <b>2</b>           | <b>4</b>                               |
| 1.Стояночные режимы. Режимы реакторных установок, в том числе специальные ремонтные режимы.<br>2.Переходные режимы энергоблоков. Пуск энергоблока ВВЭР-1000 после перегрузки. Особенности пуска из "холодного", "полугорячего" и "горячего" состояний. | 16                 | 1-6                                    |
| 1.Маневренность АЭС.<br>2.Аварийные блокировки и защиты. Роль и задачи оперативного персонала при отказах и аварийных событиях.<br>3.Алгоритмы работы защит, блокировок и систем безопасности.   | 16                 | 1-6                                    |
| 1.Пути улучшения технико-экономических характеристик в процессе эксплуатации.<br>2.Предпусковые наладочные работы.<br>3.Продление эксплуатации.  | 16                 | 1-6                                    |
| <b>48</b>  | <b>ИТОГО</b>       |  |

### **Образовательные технологии**

Методы ведения занятий ориентированы на активное участие студента в развитии собственных знаний и профессиональных навыков. Наряду с традиционными элементами (фронтальный опрос, решение учебных) при освоении дисциплины предполагается использование индивидуальных и групповых методов активизации инженерной творческой деятельности (морфологический анализ и мозговой штурм) студента при планировании процедур по исходным данным и при поиске индивидуальных решений конкретных вопросов.

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 ходе реализации этих методов предполагается использование интервью и дискуссий в подгруппах, группах и при личных внеаудиторных собеседованиях каждого студента с лицами профессионального сообщества различного уровня.

В процессе обучения преподаватель выступает в роли активного координатора самостоятельной и групповой работы студентов.

### 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      |
|---|---|--|---------------------------------------|
| <b>Входной контроль</b>                                   |   |  |                                       |
| 1   | Входной контроль                            | З - ПК-3, З - ПК- 9,<br>З - ПК - 9.1, З - ПК - 11  | Вопросы входного контроля (письменно) |
| <b>Аттестация разделов, текущий контроль успеваемости</b> |   |  |                                       |
| 2   | Раздел 1                                    | З - ПК-3, З - ПК- 9,<br>З - ПК - 9.1, З - ПК - 11<br>У - ПК-3, У - ПК- 9,<br>У - ПК - 9.1, У - ПК - 11<br>В- ПК-3, В - ПК- 9,<br>В - ПК - 9.1, В - ПК - 11 | Коллоквиум (письменно)                |
| 3   | Раздел 2                                    | З - ПК-3, З - ПК- 9,<br>З - ПК - 9.1, З - ПК - 11<br>У - ПК-3, У - ПК- 9,<br>У - ПК - 9.1, У - ПК - 11<br>В- ПК-3, В - ПК- 9,<br>В - ПК - 9.1, В - ПК - 11 | Коллоквиум (письменно)                |
| <b>Промежуточная аттестация</b>                           |   |  |                                       |
| 4   | Экзамен                                     | З - ПК-3, З - ПК- 9,<br>З - ПК - 9.1, З - ПК - 11<br>У - ПК-3, У - ПК- 9,<br>У - ПК - 9.1, У - ПК - 11<br>В- ПК-3, В - ПК- 9,<br>В - ПК - 9.1, В - ПК - 11 | Вопросы к экзамену (письменно)        |

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

#### Входной контроль

#### Дисциплина «Основы реакторного оборудования»

1. Уравнение 4-х сомножителей. Влияние каждого из множителей на  $K_{\infty}$ .
2. Критерии подобия в тепломассообмене.
3. Основные теплофизические величины.
4. Основные теплофизические свойства воды и водяного пара.
5. Характеристики переменного электрического тока в бытовых и промышленных электросетях.

Коллоквиумы проводятся по билетам, содержащим по 3-ри контрольных вопроса, из изученного раздела дисциплины. Коллоквиумы проводятся в письменной форме.

#### Вопросы коллоквиума

1. Функции надзорного органа
2. Назначение норм и правил в атомной энергетике
3. Назначение и содержание ПОРП
4. Состояния энергоблока АС

5. Пусковые операции на этапе «Физический пуск»
6. Пусковые операции на этапе «Энергетический пуск»
7. Качество электроэнергии
8. Превращения ядерной энергии в тепловую

Аттестация при экзамене проводится по экзаменационным билетам.

Итоговый экзамен проводится по билетам, содержащим вопросы по всем темам и разделам дисциплины, изученным на аудиторных занятиях и в ходе СРС.

### Вопросы к экзамену по дисциплине

1. Эксплуатирующая организация. Федеральный надзорный орган
2. Нормативно-правовая база в области использования атомной энергии
3. Организация работы с персоналом
4. Режимы эксплуатации энергоблока, критерии переходов из одного режима в другой.
5. Состояния реакторной установки
6. Единая энергосистема. Критерии качества электроэнергии маневренность электростанций
7. Уравнение четырех сомножителей. Физический смысл каждого сомножителя
8. Энерговыделение в активной зоне реактора и способы его регулирования
9. Расчет мощности реакторной установки: по энерговыделению в активной зоне, по первому контуру, по второму контуру
10. Эффекты реактивности
11. Требования к теплоносителю первого контура
12. Организация изменения показателей теплоносителя первого контура
13. Концепция глубокоэшелонированной защиты
14. Барьеры на пути распространения радиоактивных веществ
15. Понятие - атомная станция
16. Понятие - ядерная авария
17. Понятие - культура безопасности
18. Понятия – проектная и максимальная проектная авария
19. Понятие – запроектная авария
20. Максимальный проектный предел повреждения ТВЭЛ
21. Классификация технологических систем по характеру выполняемых функций и влиянию на безопасность
22. Системы нормальной эксплуатации, примеры
23. Системы безопасности, примеры
24. Противоаварийные процедуры
25. Жизненный цикл ядерного топлива
26. Годовые пределы доз облучения персонала АЭС и населения
27. Способы защиты персонала от радиационного воздействия
28. Основные показатели: КПД, КИУМ, глубина выгорания топлива, эффективные сутки работы
29. Этапы ввода нового блока АЭС в эксплуатацию
30. Жизненный цикл блока АЭС
31. Продление срока эксплуатации энергоблока
32. Организация безопасного проведения ремонтных работ на АЭС
33. Производственная система Росатома

### Форма оценивания ответа студента на экзамене

| Баллы<br>(рейтинговой оценки) | Оценка<br>экзамена<br>(стандартная) | Требования к знаниям                            |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|
| 45-50                         | «отлично»                           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он |

|       |                       |   |
|-------|-----------------------|---|
|       |                       | глубоко и прочно усвоил программный материал по дисциплине, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний по вопросам эксплуатации реакторного оборудования АЭС. |
| 36-44 | «хорошо»              | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал по дисциплине, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы экзаменационного билета.  |
| 30-35 | «удовлетворительно»   | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала по дисциплине, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.                                |
| 0-29  | «неудовлетворительно» | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала по дисциплине, допускает существенные ошибки, оставляет не раскрытыми вопросы экзаменационного билета.   |

Результаты окончательной промежуточной аттестации студента по дисциплине осуществляются по 5-ти бальной системе оценки и вносятся в его зачётную книжку. Перевод рейтинговой 100-бальной оценки в 5-ти бальную и в кредитно-модульную оценку ECTS, проводится по следующей шкале соответствия:

#### Шкалы оценки образовательных достижений

| Сумма баллов | Оценка (ECTS) | Пятибальная система | Характеристика знаний студентов   |
|--------------|---------------|---------------------|---|
| 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, некоторые 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. Баклушин, Р. П. Эксплуатация АЭС : учебное пособие / Р. П. Баклушин. — Москва : НИЯУ МИФИ, [б. г.]. — Часть 1,2 — 2011. — 304 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/75744/#82>
2. Режимы работы электрооборудования электрических станций : учебное пособие. — 2-е изд., испр. — Благовещенск : АмГУ, 2017. — 122 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/156461/#120>
3. Бобров, А. В. Основы эксплуатации электрооборудования : учебное пособие / А. В. Бобров, В. П. Возовик. — Красноярск : СФУ, 2018. — 168 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/157554/#3>

##### **Дополнительная литература**

4. Зверков, В. В. Автоматизированная система управления технологическими процессами АЭС : монография / В. В. Зверков. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2014. — 560 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/103223/#136>
5. Козлов, А. Н. Собственные нужды тепловых, атомных и гидравлических станций и подстанций : учебное пособие / А. Н. Козлов, В. А. Козлов, А. Г. Ротачева. — 3-е изд., испр. — Благовещенск : АмГУ, 2017. — 315 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/156477/#313>
6. Комплексные исследования энергоблоков электростанций и энергоустановок : монография / под общей редакцией П. А. Щинникова. — Новосибирск : НГТУ, 2020. — 500 с. <https://e.lanbook.com/reader/book/152147/#77>

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

Используется локальная сеть – компьютерный класс, подключенный к сети Интернет, с индивидуальными рабочими местами для каждого студента. Программное обеспечение установлено централизованно в соответствии с данной рабочей программой. Версии программных

продуктов и конфигурация рабочей станции сети обновляются централизованно в соответствии с планом. Используется общеуниверситетское информационное образовательное пространство.

Для лекций используются оснащенные мультимедийным оборудованием аудитории. На лекциях используется комплекс презентаций по темам. Проводятся занятия с обсуждением и оценкой подготовленных студентами разработок по заданной теме в форме дискуссий.

Лабораторные работы проводятся в УТЦ АЭС согласно Договора № ОРП-02-01/92 о присоединении кафедры «Атомная энергетика» БИТИ НИЯУ МИФИ статуса базовой.

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

1) Следует тщательно планировать и организовывать время, необходимое для изучения дисциплины. Недопустимо откладывать ознакомление с теоретической частью, выполнение индивидуальных заданий по темам практических работ на конец семестра, поскольку это неминуемо приведет к снижению качества освоения материала, индивидуальных заданий. Все виды работ по дисциплине рекомендуется выполнять по календарному плану, приведенному в Рабочей программе.

2) «Сценарий изучения дисциплины» предусматривает следующие схемы: по теоретическому курсу: ознакомление с тематикой лекции; изучение литературы по теме; прослушивание лекции; обсуждение вопросов.

По выполнению индивидуальных работ по темам практических занятий: подготовка к выполнению работы по методическим указаниям; работа на практическом занятии выполнение работы и оформление отчета; защита работы.

3) Изучение дисциплины требует непрерывной работы с литературой. Перед прослушиванием каждой лекции студент должен ознакомиться с материалом по списку, приведенному по теме лекции в рабочей программе. Перед выполнением индивидуальных занятий по темам практических работ необходимо изучить теоретические сведения, приведенные в методических указаниях к выполнению практических работ. Отчет, составляемый после выполнения работы, должен соответствовать варианту, выданному преподавателем в начале выполнения практической работы.

### **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. Раскрывая 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 занятия.

Обсудить основные понятия, связанные с темой.

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 практики 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

Рецензент: доцент



Сарычев Ю.В.



Ефремова Т.А.

Программа одобрена на заседании УМКС 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг от 04.07.2023 года, протокол № 6.

Председатель учебно-методической комиссии



Магерамов Р. А.