

ИНСТИТУТ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

КАФЕДРА АВТОМАТИКИ

ОДОБРЕНО УМС ТФ НИЯУ МИФИ

Протокол № 6

от 23.12.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ АЭС**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

| Семестр | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | В форме<br>практической<br>подготовки/В | СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экс./зач./КР/КП |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|-----------|-----------|------------------------------------------|
| 8       | 3                      | 108                        | 24           | 24                        | 0                        |                                         | 60        | 0         | 3                                        |
| Итого   | 3                      | 108                        | 24           | 24                        | 0                        | 16                                      | 60        | 0         |                                          |

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина основана на подготовке студентов по ядерной физике, тепловым измерениям, термодинамике, гидродинамике и теплопередаче, основам безопасности жизнедеятельности и экономики, осуществляемой на предшествующих курсах.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями дисциплины является ознакомление студентов с основными принципами внутриреакторного контроля, датчиками контроля и системами контроля параметров ЯЭУ на действующих АЭС. Обучение студентов умениям применять полученные знания в производственной и научной деятельности, приобретение навыков работы с научной, справочной и электронной литературой, применению современных компьютерных технологий при подготовке курсовой работы.

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

Учебная программа соответствует требованиям ОС НИЯУ МИФИ.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|
|--------------------------------|------------------------------------------------------|

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД)                                                                                                                | Объект или область знания                                                                                                                                                                           | Код и наименование профессиональной компетенции;<br>Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)                                                                           | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| научно-исследовательский                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                             |
| Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой, знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, | Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных | ПК-3 [1] - Способен к участию в исследовании и испытании основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный | З-ПК-3[1] - Знать методы проведения исследований и испытаний основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания.;<br>У-ПК-3[1] - Уметь проводить исследования и |

|                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| протекающих в ядерных энергетических установках                                                                                                                                                           | реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. | стандарт: 24.032                                                                                                                                                                                                                                   | испытания основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания ; В-ПК-3[1] - Владеть методами проведения исследований и испытаний основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания.                                                                                                                         |
| проектный                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой, знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, протекающих в ядерных энергетических установках | Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в                                                                                    | ПК-5 [1] - Способен разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.078 | З-ПК-5[1] - Знать методы разработки проектов узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, с использованием новых информационных технологий.; У-ПК-5[1] - Уметь разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии; В-ПК-5[1] - Владеть |

|                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                  | <p>области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                            | <p>методами проведения разработок проектов узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, с использованием новых информационных технологий</p>                                                                                                                                                           |
| <p>Подготовка специалистов с фундаментальной физико-математической и инженерной подготовкой, знанием основ нейтронно-физических и теплофизических процессов, протекающих в ядерных энергетических установках</p> | <p>Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов, распространения и взаимодействия излучения с объектами живой и неживой природы, экологический мониторинг окружающей среды, обеспечение</p> | <p>ПК-7.2 [1] - Способен формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научно-технические решения в области проектирования ЯЭУ</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт: 24.028</p> | <p>3-ПК-7.2[1] - Знать основные принципы проектирования ЯЭУ;<br/>У-ПК-7.2[1] - Уметь выбирать и обосновывать научно-технические решения в области проектирования ЯЭУ;<br/>В-ПК-7.2[1] - Владеть навыками анализа исходных данных для выбора и обоснования научно-технических решений в области проектирования ЯЭУ</p> |

|  |                                                                                            |  |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  | безопасности ядерных материалов, объектов и установок атомной промышленности и энергетики. |  |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

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

|                             |                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             |                                                                                                                                                                                                              | образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (B19) | <p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований.</li> </ul> <p>2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед;</li> <li>- формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.</li> </ul> |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование навыков коммуникации, командной работы и лидерства (B20)                                                                                                      | <p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|                             |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             |                                                                                                                                                                                                           | <p>решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.</p>                                                                                                                                                                         |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование способности и стремления следовать в профессии нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения (В21) | <p>1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом</p> |

|                             |                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             |                                                                                    | успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Профессиональное воспитание | Создание условий, обеспечивающих, формирование культуры ядерной безопасности (B24) | <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 формирования личной ответственности за соблюдение экологической и радиационной безопасности посредством изучения основополагающих документов по культуре ядерной безопасности, разработанных МАГАТЭ и российскими регулирующими органами, норм и правил обращения с радиоактивными отходами и ядерными материалами.</p> <p>3.Использование воспитательного потенциала учебных дисциплин «Контроль и диагностика ядерных энергетических установок», «Надежность оборудования атомных реакторов и управление риском», «Безопасность ядерного топливного цикла», «Ядерные технологии и экология топливного цикла» для формирования личной ответственности за соблюдение и обеспечение кибербезопасности и информационной безопасности объектов атомной отрасли через изучение вопросов организации информационной безопасности на объектах атомной отрасли, основных принципов построения</p> |

|                             |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                             |                                                                                                                                | <p>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</p>                                                                         |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>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 глубокошелонированной 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     | Физические принципы контроля мощности. Физические принципы термометрии. | 1-8    | 12/12/0                                               |                                           | 25                            | СК-8                                | 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3                                                       |
| 2     | Контроль теплоносителей ЯЭУ. Водородная безопасность и диагностика ЯЭУ. | 9-15   | 12/12/0                                               |                                           | 25                            | СК-15                               | 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2                         |
|       | <i>Итого за 8 Семестр</i>                                               |        | 24/24/0                                               |                                           | 50                            |                                     |                                                                              |
|       | <b>Контрольные мероприятия за 8 Семестр</b>                             |        |                                                       |                                           | 50                            | 3                                   | 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-7.2, У-ПК-7.2, В-ПК-7.2 |

\* – сокращенное наименование формы контроля

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

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование  |
|-------------|----------------------|
| СК          | Семестровый контроль |
| З           | Зачет                |

### КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели | Темы занятий / Содержание                                                                                                                                                                                                                                            | Лек., час.             | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------|------------|
|        | <i>8 Семестр</i>                                                                                                                                                                                                                                                     | 24                     | 24             | 0          |
| 1-8    | <b>Физические принципы контроля мощности. Физические принципы термометрии.</b>                                                                                                                                                                                       | 12                     | 12             | 0          |
| 1 - 2  | <b>Введение</b><br>Предпосылки создания систем диагностики и контроля.<br>Особенности измерений в реакторных условиях.<br>Классификация измерений в ядерных реакторах.                                                                                               | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 2              | 0          |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0                      | 0              | 0          |
| 2      | <b>Физические принципы контроля мощности</b><br>Источники энерговыделения в ядерном реакторе.<br>Распределение тепловыделения в активной зоне.<br>Принципы и методы контроля тепловыделения. Принципиальные отличия различных методов контроля.                      | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1                      | 1              | 0          |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0                      | 0              | 0          |
| 3 - 4  | <b>Датчики контроля тепловыделения</b><br>Датчики теплотехнического контроля тепловыделения по параметрам первого и второго контуров. Калориметры.<br>Активационные индикаторы. Детекторы прямого заряда.<br>Ионизационные камеры. Нейтринный детектор.              | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 2              | 0          |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0                      | 0              | 0          |
| 5      | <b>Физические принципы термометрии</b><br>Начала термодинамики. Законы идеального газа.<br>Статистические законы. Формула Лапласа. Теорема Найквиста. Термомагнитные явления. Термоэлектрические явления. Законы теплового излучения. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 1                      | 1              | 0          |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0                      | 0              | 0          |
| 6      | <b>Способы измерения температуры</b><br>Термодинамическая и международная практическая температурные шкалы. Манометрические преобразователи. Термоэлектрические преобразователи. Термометры сопротивления. Термошумовая термометрия. Пирометрия. Прочие способы.     | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 2              | 0          |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0                      | 0              | 0          |
| 7      | <b>Датчики температуры в ядерных энергетических установках</b><br>Датчики для внутризонных измерений. Датчики для внезонных измерений в первом контуре. Датчики температуры для измерений во втором и третьем контурах.                                              | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 2              | 0          |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | Онлайн                 |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 0                      | 0              | 0          |
| 8      | <b>Контроль теплоносителей ЯЭУ</b><br>Принципы измерения температуры, давления, расхода,                                                                                                                                                                             | Всего аудиторных часов |                |            |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2                      | 2              | 0          |

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                        |    |   |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----|---|
|         | уровня, паросодержания теплоносителей. Используемые датчики и особенности их эксплуатации на энергетических аппаратах различных типов.                                                                                                                                                                                                                        | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0                      | 0  | 0 |
| 9-15    | <b>Контроль теплоносителей ЯЭУ. Водородная безопасность и диагностика ЯЭУ.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                | 12                     | 12 | 0 |
| 9 - 10  | <b>Водородная безопасность и диагностика ЯЭУ</b><br>Радиолиз воды и водяного пара. Реакции водяного пара с металлами. Режимы горения водородных смесей. Скорость и пределы распространения детонации водородных смесей. Химический контроль содержания водорода. Методы и средства измерения содержания водорода. Подавление источников образования водорода. | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2                      | 2  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0                      | 0  | 0 |
| 11      | <b>Измерение химического состава сред</b><br>Методы контроля примесей в водном, натриевом и гелиевом теплоносителе, в воздухе АЭС. Анализ отложений со вскрываемого оборудования, жидких и твердых отходов, энергетических масел и т.д. Системы пробоотбора энергетических реакторов.                                                                         | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2                      | 2  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0                      | 0  | 0 |
| 12      | <b>Технологический контроль элементов ЯЭУ</b><br>Способы измерения деформаций и линейных перемещений. Анализ вибраций конструкций реактора. Контроль герметичности оболочек твэлов. Методы обнаружения ТВС с негерметичными твэлами. Методы контроля металла и трубопроводов первого контура.                                                                 | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2                      | 2  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0                      | 0  | 0 |
| 13      | <b>Послереакторный контроль топлива и оборудования активной зоны</b><br>Определение содержания изотопов урана и трансурановых элементов в отработавшем топливе. Измерение технологических, теплофизических, прочностных характеристик элементов конструкций активной зоны. Измерения в горячих камерах.                                                       | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2                      | 2  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0                      | 0  | 0 |
| 14 - 15 | <b>Системы внутриреакторного контроля</b><br>Водо-водяные реакторы. Атомная станция теплоснабжения. Канальные реакторы. Реакторы на быстрых нейтронах. Высокотемпературные реакторы с гелиевым теплоносителем. Особенности контроля и диагностики автономных ЯЭУ.                                                                                             | Всего аудиторных часов |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4                      | 4  | 0 |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Онлайн                 |    |   |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 0                      | 0  | 0 |

Сокращенные наименования онлайн опций:

| Обозначение | Полное наименование              |
|-------------|----------------------------------|
| ЭК          | Электронный курс                 |
| ПМ          | Полнотекстовый материал          |
| ПЛ          | Полнотекстовые лекции            |
| ВМ          | Видео-материалы                  |
| АМ          | Аудио-материалы                  |
| Прз         | Презентации                      |
| Т           | Тесты                            |
| ЭСМ         | Электронные справочные материалы |
| ИС          | Интерактивный сайт               |

## ТЕМЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

| Недели | Темы занятий / Содержание                                                                                                                                                                                                              |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | <i>8 Семестр</i>                                                                                                                                                                                                                       |
| 1      | <b>Вакуумные детекторы излучения.</b><br>Вакуумные детекторы излучения.                                                                                                                                                                |
| 2      | <b>Методы реакторной калориметрии</b><br>Методы реакторной калориметрии                                                                                                                                                                |
| 3      | <b>Тепловые детекторы радиоактивности</b><br>Тепловые детекторы радиоактивности                                                                                                                                                        |
| 4      | <b>Методы диагностики повреждений оборудования на АЭС.</b><br>Методы диагностики повреждений оборудования на АЭС.                                                                                                                      |
| 5      | <b>Нейтронные ионизационные камеры для контроля быстрых реакторов.</b><br>Нейтронные ионизационные камеры для контроля быстрых реакторов.                                                                                              |
| 6      | <b>Восстановление полей энерговыделения по показаниям детекторов прямого заряда.</b><br>Восстановление полей энерговыделения по показаниям детекторов прямого заряда.                                                                  |
| 7      | <b>Определение выгорания и изотопного состава топлива с помощью нейтринных детекторов.</b><br>Определение выгорания и изотопного состава топлива с помощью нейтринных детекторов.                                                      |
| 8      | <b>Нейтронно-физические методы определения расхода и паросодержания теплоносителя.</b><br>Нейтронно-физические методы определения расхода и паросодержания теплоносителя.                                                              |
| 9      | <b>Корреляционный метод измерения расхода с помощью термопар.</b><br>Корреляционный метод измерения расхода с помощью термопар.                                                                                                        |
| 10     | <b>Акустические методы измерения паросодержания.</b><br>Акустические методы измерения паросодержания.                                                                                                                                  |
| 11     | <b>Измерения температуры ТВЭЛ. Методы контроля герметичности оболочек ТВЭЛов.</b><br>Измерения температуры ТВЭЛ. Методы контроля герметичности оболочек ТВЭЛов.                                                                        |
| 12     | <b>Радиационный контроль выбросов АЭС в атмосферу.</b><br>Радиационный контроль выбросов АЭС в атмосферу.                                                                                                                              |
| 13     | <b>Радиационная система контроля расхода и мощности реакторов ВВЭР.</b><br>Радиационная система контроля расхода и мощности реакторов ВВЭР.                                                                                            |
| 14     | <b>Измерительный зонд реакторной установки АСТ-500.</b><br>Измерительный зонд реакторной установки АСТ-500.                                                                                                                            |
| 15     | <b>Индикатор водорода для контроля парогенераторов натрий-вода. Электромагнитный метод измерения расхода жидких металлов.</b><br>Индикатор водорода для контроля парогенераторов натрий-вода. Электромагнитный метод измерения расхода |

|    |                                                                                               |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | жидких металлов.                                                                              |
| 15 | <b>Нейтринные эксперименты на Ровенской АЭС.</b><br>Нейтринные эксперименты на Ровенской АЭС. |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ОС НИЯУ МИФИ, 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-3        | З-ПК-3              | З, СК-8                           |
|             | У-ПК-3              | З, СК-8                           |
|             | В-ПК-3              | З, СК-8                           |
| ПК-5        | З-ПК-5              | З, СК-15                          |
|             | У-ПК-5              | З, СК-15                          |
|             | В-ПК-5              | З, СК-15                          |
| ПК-7.2      | З-ПК-7.2            | З, СК-15                          |
|             | У-ПК-7.2            | З, СК-15                          |
|             | В-ПК-7.2            | З, СК-15                          |

## Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины                                                                                                                                            |
|--------------|-------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать |

|         |                           |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------|---------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                           |   | теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.                                                                                                                                                                                                                                |
| 85-89   | 4 – «хорошо»              | В | 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   |                           | С |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 70-74   |                           | Д |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 65-69   | 3 – «удовлетворительно»   | Е | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.                                        |
| 60-64   |                           |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Ниже 60 | 2 – «неудовлетворительно» | Ф | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

Оценочные средства приведены в Приложении.

## 8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ М29 The Physics of Nuclear Reactors : , Cham: Springer International Publishing, 2017
2. ЭИ Б 43 Диагностика теплоэнергетического оборудования : Учебное пособие для вузов, Санкт-Петербург: Лань, 2022

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ К88 Диагностика ЯЭУ : , Москва: МИФИ, 2008
2. 621.039 Л12 Лабораторный практикум "Диагностика ЯЭУ" : учебное пособие для вузов, А. Н. Аблеев [и др.], Москва: МИФИ, 2008
3. ЭИ Л12 Лабораторный практикум "Диагностика ЯЭУ" : учебное пособие для вузов, А. Н. Аблеев [и др.], Москва: МИФИ, 2008

4. ЭИ Т41 Разработка продукции для атомной энергетики : учебное пособие для вузов, А. С. Тимонин, Москва: МИФИ, 2008
5. 621.039 Т41 Разработка продукции для атомной энергетики : учебное пособие для вузов, А. С. Тимонин, Москва: МИФИ, 2008
6. 621.039 Л88 Термометрия и расходомерия ядерных реакторов : , Б. В. Лысиков, В. К. Прозоров, М.: Энергоатомиздат, 1985
7. ЭИ Л12 Лабораторный практикум по тепловым измерениям в энергетических установках : учебное пособие для вузов, В. В. Архипов [и др.], Москва: МИФИ, 2008
8. 621.039 Л12 Лабораторный практикум по тепловым измерениям в энергетических установках : учебное пособие для вузов, В. В. Архипов [и др.], Москва: МИФИ, 2008
9. 621.039 А87 Водородная пожаровзрывобезопасность и диагностика ЯЭУ : Учеб. пособие, В. В. Архипов, А. М. Сальников, А. Ю. Цыганов, М.: МИФИ, 1990
10. 621.039 А87 Контроль и измерения в ядерных реакторах (контроль тепловыделения) : Учеб. пособие, В. В. Архипов, А. С. Тимонин, М.: МИФИ, 1989
11. 621.039 А65 Контроль и измерение температуры в ядерных энергетических установках : Учеб. пособие, В. К. Андреев, В. В. Архипов, А. С. Тимонин, М.: МИФИ, 1991
12. 621.3 С40 Системы внутриреакторного контроля АЭС с реакторами ВВЭР : , Под ред. Левина Г.Л., М.: Энергоатомиздат, 1987

#### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

#### LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

### **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

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

#### **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.

При изучении лекционного материала обязательно следует сопоставлять его с материалом семинарских и лабораторных занятий.

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

## 2. Указания для проведения семинарских занятий

Перед семинаром внимательно изучить лекционный материал, относящийся к теме занятия.

Активно взаимодействовать с преподавателем, задавать уточняющие вопросы по материалам лекций и семинарских занятий.

Уточнять и корректировать процесс выполнения лабораторных работ.

# 11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

## 1. Указания для проведения лекций

На первой вводной лекции сделать общий обзор содержания курса. Дать перечень рекомендованной литературы и вновь появившихся литературных источников.

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.

Внимательно относиться к вопросам студентов и при необходимости давать дополнительные более подробные пояснения.

При чтении лекций преимущественное внимание следует уделять качественным вопросам, не следует увлекаться простыми математическими выкладками, оставляя их либо на студентов, либо отсылая студентов к литературным источникам и методическим пособиям.

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

В середине семестра (ориентировочно после 8-й лекции) обязательно провести контроль знаний студентов по материалам всех прочитанных лекций.

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

Давать рекомендации студентам для подготовки к очередным семинарам и лабораторным занятиям.

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

## 2. Указания для проведения семинарских занятий

Четко обозначить тему семинара.

Обсудить основные понятия, связанные с темой семинара.

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 семинара задать аудитории несколько контрольных вопросов.

Автор(ы):

Толоконский Андрей Олегович, к.т.н., доцент