

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ЯДЕРНЫХ  
РЕАКТОРОВ

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/423-573.1

от 20.04.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
ОСНОВЫ ЭКОНОМИКИ ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.03.02 Ядерные физика и технологии

| 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<br>СРС, час. | КСР, час. | Форма(ы)<br>контроля,<br>экз./зач./КСР/КП |   |
|---------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|---|
| 8       | 2                      | 72                         | 24           | 12                        | 0                        |                                                       | 36        | 0                                         | 3 |
| Итого   | 2                      | 72                         | 24           | 12                        | 0                        | 0                                                     | 36        | 0                                         |   |

## АННОТАЦИЯ

Курс дает систематическое представление об ядерной энергетике как отрасли, о задачах научных исследований, связанных с внедрением и использованием ядерной энергии, с проблемами ядерной и радиационной безопасности, с современными технологиями ядерного топливного цикла, с существующими подходами к оценке экономических и сырьевых показателей на разных стадиях ядерного топливного цикла.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины состоит в том, чтобы дать систематическое представление об ядерной энергетике как об отрасли, о задачах научных исследований, связанных с внедрением и расширением сферы использования ядерной энергии, с проблемами ядерной и радиационной безопасности, с современными технологиями ядерного топливного цикла, с существующими подходами к оценке сырьевых и экономических показателей на разных стадиях топливного цикла.

Задачи изучения дисциплины - подготовить будущих специалистов к самостоятельному принятию решений при разработке ядерно-энергетических установок (ЯЭУ) различных типов и анализе новых реакторных концепций при проведении комплексных системных исследований с учетом обеспеченности топливом, безопасности, воздействия на окружающую среду и экономических показателей.

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

В качестве предшествующих используются знания, полученные в рамках освоения дисциплины «Теория переноса нейтронов», «Материаловедение: материалы ядерных установок», «Инженерные расчеты и проектирование ЯУ», «Физическая теория реакторов», «Физическая теория реакторов: моделирование нестационарных процессов и теория возмущений». В свою очередь, успешное освоение данной дисциплины призвано дать основу для работы студентов в рамках дисциплины «Курсовой проект: проектирование и выбор оборудования ЯЭУ, безопасность и экономичность ЯЭУ» и успешного выполнения научно-исследовательской работы. Знание материала дисциплины необходимо при выполнении курсового и проектирования, научно-исследовательской работе и при дальнейшей практической работе на предприятиях атомной отрасли.

### 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 | Объект или область | Код и наименование | Код и наименование |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|

| профессиональной деятельности (ЗПД)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | знания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | профессиональной компетенции;<br>Основание<br>(профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)                                                                                                                  | индикатора достижения профессиональной компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| проектный                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Проектирование перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов | 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 | ПК-5 [1] - Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений при разработке установок и приборов<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.028, 24.078 | 3-ПК-5[1] - знать методы анализа для технико-экономического обоснования проектных решений при разработке установок и приборов;<br>;<br>У-ПК-5[1] - уметь проводить предварительные технико-экономическое обоснование проектных решений при разработке установок и приборов;<br>В-ПК-5[1] - владеть методами проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений при разработке установок и приборов |
| производственно-технологический                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Ядерные реакторы, энергетические установки, теплогидравлические и нейтронно-физические процессы в активных зонах ядерных реакторов, тепловые измерения и контроль, теплоносители, материалы ядерных реакторов, ядерный                                                                                                                                                                                                                             | ПК-6 [1] - Способен к контролю соблюдения технологической дисциплины и обслуживания оборудования<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.028, 24.032                                      | 3-ПК-6[1] - знать технические характеристики и принципы безопасного обслуживания технологического оборудования ;<br>У-ПК-6[1] - уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины и                                                                                                                                                                                                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | топливный цикл, системы обеспечения безопасности, системы управления ядерно-физическими установками, программные комплексы для исследования явлений и закономерностей в области теплофизики и энергетики, ядерных реакторов                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                               | обслуживание оборудования; В-ПК-6[1] - владеть методами контроля, проверок и испытаний систем и навыками выявления неисправностей в работе оборудования                                                                                                                                                                                       |
| научно-исследовательский                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Исследования перспективных типов ядерных энергетических установок, теплофизические исследования перспективных твэлов, топлива, конструкционных материалов и теплоносителей. Разработка моделей и программных комплексов для расчета теплогидравлических и нейтронно-физических процессов в активных зонах перспективных ядерных реакторов. Создание и применение установок и систем для проведения теплофизических, ядерно-физических исследований, неравновесных физических процессов | 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 | ПК-7.1 [1] - Способен к подготовке и анализу информационных исходных данных для проведения математического моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт: 24.078 | З-ПК-7.1[1] - знать методы математического анализа для моделирования нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ; У-ПК-7.1[1] - уметь проводить математическое моделирование нейтронно-физических и теплофизических процессов в ЯЭУ; В-ПК-7.1[1] - владеть стандартными пакетами автоматизированного проектирования и исследований |

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направления/цели воспитания | Задачи воспитания (код) | Воспитательный потенциал дисциплин |
|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------|
|-----------------------------|-------------------------|------------------------------------|

## 5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

| № п.п | Наименование раздела учебной дисциплины | Недели | Лекции/ Практик. (семинары) / Лабораторные работы, час. | Обязат. текущий контроль (форма*, неделя) | Максимальный балл за раздел** | Аттестация раздела (форма*, неделя) | Индикаторы освоения компетенции |
|-------|-----------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
|-------|-----------------------------------------|--------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|

\* – сокращенное наименование формы контроля

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

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

| Обозначение | Полное наименование |
|-------------|---------------------|
| КИ          | Контроль по итогам  |

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

| Недели | Темы занятий / Содержание | Лек., час. | Пр./сем., час. | Лаб., час. |
|--------|---------------------------|------------|----------------|------------|
|--------|---------------------------|------------|----------------|------------|

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               |

## 6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Проводятся занятия в активной и интерактивной форме: лекции, презентации, разбор конкретных ситуаций, тестирование, выполнение и защита домашнего задания.

## 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-5        | З-ПК-5              | З, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ПК-5              | З, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ПК-5              | З, КИ-8, КИ-15                    |
| ПК-6        | З-ПК-6              | З, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ПК-6              | З, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ПК-6              | З, КИ-8, КИ-15                    |
| ПК-7.1      | З-ПК-7.1            | З, КИ-8, КИ-15                    |
|             | У-ПК-7.1            | З, КИ-8, КИ-15                    |
|             | В-ПК-7.1            | З, КИ-8, КИ-15                    |

### Шкалы оценки образовательных достижений

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

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы. |
| 85-89        | 4 – «хорошо»                  | B           | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.                                                                                                     |
| 75-84        |                               | C           |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 70-74        |                               | D           |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 65-69        | 3 – «удовлетворительно»       | E           | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в                                      |
| 60-64        |                               |             |                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|         |                              |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------|------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         |                              |   | изложении программного материала.                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Ниже 60 | 2 –<br>«неудовлетворительно» | F | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |

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

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ А10 A New Chapter in US-Cuba Relations : Social, Political, and Economic Implications, Cham: Springer International Publishing, 2016
2. ЭИ Р 28 Python и машинное обучение: крайне необходимое пособие по новейшей предсказательной аналитике, обязательное для более глубокого понимания методологии машинного обучения : , Москва: ДМК Пресс, 2017
3. ЭИ Х20 Энергетика. Техничко-экономические основы : учебное пособие для вузов, В. В. Харитонов, Москва: МИФИ, 2007
4. 621.039 Г37 Критерии безопасности, оценка эффективности и риска в задачах защиты ядерных объектов и материалов : учебное пособие для вузов, Н. И. Гераскин, Москва: МИФИ, 2008

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 621.3 Э40 Экономика ядерной энергетики : (конспект лекций): учеб. пособие для вузов, , Москва: МИФИ, 2004
2. 621.039 Я34 Ядерная энергетика. Проблемы. Решения Ч.1 , , Москва: ЦСПиМ, 2011
3. 621.039 Я34 Ядерная энергетика. Проблемы. Решения Ч.2 , , Москва: ЦСПиМ, 2011
4. 621.039 У63 Реакторы-размножители на быстрых нейтронах : , А. Уолтер, А. Рейнольдс, Москва: Энергоатомиздат, 1986
5. 620 Х20 Энергетика. Техничко-экономические основы : учебное пособие для вузов, В. В. Харитонов, Москва: МИФИ, 2007
6. 623 Я34 Ядерное нераспространение : учеб. пособие для вузов, Г. М. Пшакин [и др.], М.: МИФИ, 2004

7. 621.039 С74 Справочник по ядерной энерготехнологии : , Пер.с англ., Москва: Энергоатомиздат, 1989

8. 621.039 ЯЗ4 Ядерная энергетика, человек и окружающая среда : , Под ред. Александрова А.П.,Бабаева Н.С., М.: Энергоатомиздат, 1984

#### 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**

При изучении курса необходимо твердо усвоить технико-экономические предпосылки ядерной энергетики, роль ядерной энергетики и особенности использования ядерного способа производства энергии, технологии топливного цикла и оценки сырьевых показателей, основные типы ЯЭУ для АЭС, технико-экономические предпосылки формирования различных направлений в реакторостроении, методы оценки технико-экономических показателей и методы оценки конкурентоспособности, особенности экономического развития отрасли.

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

В помощь лектору, а также преподавателям, ведущим практические и лабораторные занятия по курсу «Основы экономики ядерного топливного цикла» рекомендуется использовать следующие учебные пособия, методические и справочные материалы.

1. Бабаев Н.С. и др. Ядерная энергетика. Человек и окружающая среда. - М.: Энергоиздат, М.: 1981. УДК 621.039.

2. Синев Н.М. Экономика ядерной энергетики.: Учеб.пособие для вузов. - 3-е изд. - М.: Энергоатомиздат, 1987. УДК 621.039.54.003

3. А.Уолтерс, А. Рейнольдс. Реакторы размножители на быстрых нейтронах. М.Энергоатомиздат.1986.

4. Харитонов В.В. Энергетика. Техничко-экономические основы. – М.: МИФИ, 2007, УДК 620.9(075).

В случае необходимости дополнительную информацию по вопросам, затрагиваемым в курсе «Основы экономики ядерного топливного цикла», можно получить, используя следующие печатные материалы:



1. Справочник по ядерной технологии.(пер.с англ.под ред.В.А. Легасова). М. Энергоатомиздат, 1989.
2. Г.Кесселер. Ядерная энергетика. М. Энергоатомиздат, 1986.
3. У.Я.Маргулис. Атомная энергия и радиационная безопасность. М. Энергоатомиздат, 1988.
4. Ядерное нераспространение. Под ред. В.А.Орлова. М. Центр ПИР,2000.
5. Г.М. Пшанкин, Н.И. Гераскин, В.М. Мерогов и др. Ядерное нераспространение. М.: МИФИ, 2006, УДК 621.039.5(075).
6. Синев Н.М., Батунов Б.Б.. Экономика атомной энергетики. М. Энергоатомиздат, 1984.

Необходимо дать студентам систематическое представление об ядерной энергетике как об отрасли, о задачах научных исследований, связанных с внедрением и расширением сферы использования ядерной энергии, с проблемами ядерной и радиационной безопасности, с современными технологиями ядерного топливного цикла, с существующими подходами к оценке сырьевых и экономических показателей на разных стадиях топливного цикла.

Надо подготовить будущих специалистов к самостоятельному принятию решений при разработке ядерно-энергетических установок (ЯЭУ) различных типов и анализе новых реакторных концепций, при проведении комплексных системных исследований с учетом обеспеченности топливом, безопасности, воздействия на окружающую среду и экономических показателей.

Автор(ы):

Гераскин Николай Иванович, к.т.н., доцент