

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ЗАМКНУТОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/08/24-573.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЭКОНОМИКА ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 14.04.02 Ядерные физика и технологии

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
2	3	108	15	30	0		63	0	30
Итого	3	108	15	30	0	16	63	0	

## АННОТАЦИЯ

Экономическая эффективность при системном подходе рассматривается как характеристика, присущая только всей системе ядерной энергетики, при этом реализуется принцип слабого звена, которое может привести к неприемлемым рискам за счет нецелостности подхода даже при наличии отдельных прорывных и конкурентоспособных на краткосрочной перспективе решений по отдельным частям структуры ЯЭ. В качестве экономического критерия при этом рассматривается базовый экономический принцип ИНПРО, согласно которому предлагаемые решения должны быть технически реализуемы и экономически доступны.

### 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «Экономика ядерного топливного цикла» является усвоение студентами методов оценки технико-экономических показателей и конкурентоспособности ядерной энергетики, особенностей экономического развития отрасли.

Задача курса – подготовка будущих специалистов к самостоятельному принятию решений при разработке ядерно-энергетических установок различных типов и анализе новых реакторных концепций, с учетом обеспеченности топливом, безопасности, воздействия на окружающую среду и экономических показателей.

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

Учебная программа соответствует требованиям образовательного стандарта высшего образования национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» по направлению 14.04.02 - Ядерные физика и технологии, «Общенаучный модуль», «Дисциплины по выбору» № Б1-ОНМ.ДВ4 в РУПе.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
УК-1 [1] – Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	З-УК-1 [1] – Знать: методы системного и критического анализа; методики разработки стратегии действий для выявления и решения проблемной ситуации У-УК-1 [1] – Уметь: применять методы системного подхода и критического анализа проблемных ситуаций; разрабатывать стратегию действий, принимать конкретные решения для ее реализации В-УК-1 [1] – Владеть: методологией системного и критического анализа проблемных ситуаций; методиками постановки цели, определения способов ее достижения, разработки стратегий действий

УК-2 [1] – Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	<p>3-УК-2 [1] – Знать: этапы жизненного цикла проекта; этапы разработки и реализации проекта; методы разработки и управления проектами</p> <p>У-УК-2 [1] – Уметь: разрабатывать проект с учетом анализа альтернативных вариантов его реализации, определять целевые этапы, основные направления работ; объяснить цели и сформулировать задачи, связанные с подготовкой и реализацией проекта; управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</p> <p>В-УК-2 [1] – Владеть: методиками разработки и управления проектом; методами оценки потребности в ресурсах и эффективности проекта</p>
УКЦ-1 [1] – Способен решать исследовательские, научно-технические и производственные задачи в условиях неопределенности, в том числе выстраивать деловую коммуникацию и организовывать работу команды с использованием цифровых ресурсов и технологий в цифровой среде	<p>3-УКЦ-1 [1] – Знать современные цифровые технологии, используемые для выстраивания деловой коммуникации и организации индивидуальной и командной работы</p> <p>У-УКЦ-1 [1] – Уметь подбирать наиболее релевантные цифровые решения для достижения поставленных целей и задач, в том числе в условиях неопределенности</p> <p>В-УКЦ-1 [1] – Владеть навыками решения исследовательских, научно-технических и производственных задач с использованием цифровых технологий</p>

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

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
<b>инновационный</b>			
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты	<p>ПК-6.1 [1] - Способен применять полученные знания для разработки новой технологической платформы атомной энергетики с вовлечением в топливный цикл урана-238 и продуктов переработки отработавшего ядерного топлива.</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	3-ПК-6.1[1] - Знать промышленно-реализованные и перспективные технологии переработки отработавшего ядерного топлива реакторов на быстрых нейтронах, требования к конечным продуктам переработки отработавшего ядерного топлива, основные методы обращения с радиоактивными

	использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.		отходами.; У-ПК-6.1[1] - Уметь применять полученные знания в производственной и научной деятельности.; В-ПК-6.1[1] - Владеть методами обеспечения ядерной безопасности и взрыво- и пожаробезопасности применительно к технологиям переработки отработавшего ядерного топлива.
Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.	Ядерные энерготехнологии нового поколения; функциональные и конструкционные материалы ядерных реакторов; программные комплексы и математические модели для теоретического и расчетно-аналитического анализа безопасности АЭС, объекты использования атомной энергии и ядерного наследия, в части научно-технического и организационно-правового обоснования и обеспечения безопасности.	ПК-14 [1] - Способен оценивать экономический эффект от внедрения продуктов инновационной деятельности производственных и научных подразделений  <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078	З-ПК-14[1] - Знать методы оценки эффективности разработок ; У-ПК-14[1] - Уметь оценивать экономический эффект от внедрения продуктов инновационной деятельности производственных и научных подразделений; В-ПК-14[1] - Владеть методами экономического расчета и обоснования инновационных проектов

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

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

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары )/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>2 Семестр</i>						
1	Основы институциональной экономики применительно к ЯЭ, основы методологии ИНПРО	1-8	8/15/0	КИ-8 (25)	25	КИ-8	3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1
2	Экономические аспекты развития системы ЯЭ	9-15	7/15/0	КИ-15 (25)	25	КИ-15	3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2, 3-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1
	<i>Итого за 2 Семестр</i>		15/30/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 2 Семестр</b>				50	30	3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, 3-УК-1, У-УК-1, В-УК-1, 3-УК-2, У-УК-2, В-УК-2,

							З-УКЦ-1, У-УКЦ-1, В-УКЦ-1
--	--	--	--	--	--	--	---------------------------------

\* – 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
ЗО	Зачет с оценкой
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>2 Семестр</i>	15	30	0
<b>1-8</b>	<b>Основы институциональной экономики применительно к ЯЭ, основы методологии ИНПРО</b>	8	15	0
1 - 8	<b>Основы институциональной экономики применительно к ЯЭ, основы методологии ИНПРО</b> В области ядерной энергетики опыта для создания полноценной системы, способной устойчиво развиваться в условиях различных внешних возмущений (экономических, политических, природных) пока нет. Экономическая эффективность при системном подходе рассматривается как характеристика, присущая только всей системе ЯЭ, при этом реализуется принцип слабого звена, которое может привести к неприемлемым рискам за счет нецелостности подхода даже при наличии отдельных прорывных и конкурентоспособных на краткосрочной перспективе решений по отдельным частям структуры ЯЭ. При этом решение задачи требует создания структуры системы и конструкций установок, обеспечивающих необходимые управляющие и корректирующие действия по управлению нейтронным потенциалом системы и нуклидными потоками между предприятиями ЯТЦ и ядерными энергоустановками. В качестве экономического критерия при этом рассматривается базовый экономический принцип ИНПРО, согласно которому предлагаемые решения должны быть технически реализуемы и экономически доступны (реализуемы с помощью доступных экономических механизмов). Высшим уровнем в структуре INPRO является Базовый принцип (Basic Principle), который является формулировкой общего правила, предоставляющего общее руководство для разработки инновационной	Всего аудиторных часов		
		8	15	0
		Онлайн		
		0	0	0

	<p>конструкции ядерной энергетической системы. Вторым уровнем в иерархии INPRO является Требование пользователя (User Requirement). Базовые принципы помогают получить множество допустимых решений, а требования пользователей позволяют выбрать из них множество приемлемых решений. Критерий (Criterion) или несколько критериев требуется для того, чтобы определить, каким образом и насколько хорошо удовлетворено данное Требование пользователя. В состав Критерия входит Индикатор и Предел приемлемости. Индикаторы могут базироваться на единственном параметре, на составной переменной либо констатации состояния. Предел приемлемости есть тот контрольный показатель (либо количественный, либо качественный), относительно которого может быть сопоставлено значение Индикатора и достигнуто суждение о приемлемости (годен/не годен; хорошо/плохо; лучше/хуже). Базовые принципы, Требования пользователя и Критерии для инновационных ядерных систем устанавливаются для выбранных областей INPRO, а именно: экономики, окружающей среды, безопасности, устойчивости к распространению, различных инфраструктур.</p>			
<b>9-15</b>	<b>Экономические аспекты развития системы ЯЭ</b>	7	15	0
9 - 15	<b>Экономические аспекты развития системы ЯЭ</b> Инновационные ядерные энергетические системы должны либо успешно бороться за инвестиции, либо убедительно показать безальтернативность таких вложений. 1. Безопасность как свойство и как состояние. Взвешивание рисков и выгод как необходимое условие принятия решений. 2. Нераспространение как риск и как направление развития. 3. Окружающая среда как источник ресурсов и как внешнее граничное условие 4. Отходы как основная проблема устойчивого развития и институциональных инноваций 5. Инфраструктурные аспекты развития ЯЭ	Всего аудиторных часов		
		7	15	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>2 Семестр</i>
1 - 8	<b>Темы практических занятий</b> 1. Общие цели ИНПРО. 2. Базовый принцип как высший уровень в структуре INPRO. 3. Требование пользователя - второй уровень в иерархии INPRO. 4. Критерий. Каким образом и насколько хорошо удовлетворено данное Требование пользователя. Индикатор и Предел приемлемости. 5. Взаимосвязь между базовым принципом, требованием пользователя и критерием.
9 - 15	<b>Темы практических занятий</b> 1. Общие положения для экономических аспектов развития системы ЯЭ. 2. Безопасность как свойство и как состояние. Взвешивание рисков и выгод как необходимое условие принятия решений. 3. Нераспространение как риск и как направление развития: Устойчивость к распространению, внутренне присущие свойства устойчивости к распространению, внешние меры по защите от распространения, гарантии. 4. Окружающая среда как источник ресурсов и как внешнее граничное условие. 5. Отходы как основная проблема устойчивого развития и институциональных инноваций. 6. Инфраструктурные аспекты развития ЯЭ. 7. Экономический анализ влияния на стоимость производства электроэнергии разных стратегий ЯТЦ.

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы курса «Экономика ядерного топливного цикла» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия проводятся в интерактивных классах. Особое внимание студентов обращается на интернет ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам. Самостоятельная работа студентов подразумевает под собой проработку лекционного материала, а также написание реферата и выполнение домашнего задания.

## 6. 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-14	З-ПК-14	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-14	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-14	ЗО, КИ-8, КИ-15
ПК-6.1	З-ПК-6.1	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-6.1	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-6.1	ЗО, КИ-8, КИ-15
УК-1	З-УК-1	ЗО, КИ-8, КИ-15



	У-УК-1	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-УК-1	ЗО, КИ-8, КИ-15
УК-2	З-УК-2	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-УК-2	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-УК-2	ЗО, КИ-8, КИ-15
УКЦ-1	З-УКЦ-1	ЗО, КИ-8, КИ-15
	У-УКЦ-1	ЗО, КИ-8, КИ-15
	В-УКЦ-1	ЗО, 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 изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. ЭИ Л 33 Основы энергетики : учебное пособие, Пискунов В. М., Лебедев В. А. , Санкт-Петербург: Лань, 2022
2. ЭИ П 21 Экологическая оценка возобновляемых источников энергии : учебное пособие для вузов, Соснина Е. Н. [и др.], Санкт-Петербург: Лань, 2021

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. 621.039 3-40 Защита окружающей среды в замкнутом ядерном топливном цикле и проблема нераспространения ядерного оружия : учебник, Куликов Е.Г. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2014
2. ЭИ С28 Регрессионные модели и методы оценки параметров и структуры экономических процессов : Учебное пособие, Седелев Б.В., М.: МИФИ, 2009
3. 33 Э40 Экономика и технология Вып. 22 , , , 2008
4. 33 Л43 Экономика ядерной энергетики : учебное пособие, Лелеков В.И., Москва: МГОУ, 2010
5. 33 Э40 Экономико-аналитические модели динамики развития ядерной энергетики : монография, Удумян Д.К. [и др.], Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
6. 33 М25 Экономическая оценка инвестиционных проектов : учебник для вузов, Марголин А.М., Москва: Экономика, 2007

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

Специальное программное обеспечение не требуется

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

1. <http://world-nuclear.org> (<http://world-nuclear.org>)
  2. <http://www.gen-4.org> (<http://www.gen-4.org>)
  3. <http://www.iaea.org> (<http://www.iaea.org>)
  4. [http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/Subject\\_Areas/0703/Reactor-technology](http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/Subject_Areas/0703/Reactor-technology) ([http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/Subject\\_Areas/0703/Reactor-technology](http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/Subject_Areas/0703/Reactor-technology))
- <https://online.mephi.ru/>
- <http://library.mephi.ru/>

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

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

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

С целью приобретения и развития навыков самостоятельной работы при решении различных задач студентам предлагается в течение семестра предлагается написать реферат и выполнить домашнее задание. Темы рефератов выдаются на третьей неделе и принимаются на 8-й неделе. Домашнее задание выдается на 9-й неделе и принимается на 15-й неделе. Примеры домашних заданий, приведены в специальном разделе программы и могут корректироваться преподавателем в зависимости от степени усвоения студентами учебного материала в течение семестра.

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

Анализ стоимостей, цен, затрат в инновационных ядерно-энергетических системах пока может быть только приближенным, т.к. экономические оценки для многих стадий ЗЯТЦ (в т.ч. производство топлива и переработка ОЯТ) могут быть основаны исключительно на предварительных концептуальных разработках технологий, которые либо очень мало, либо вообще не испытывались в промышленных масштабах. При этом возможно только сравнение относительных затрат между разными стратегиями реализации ЯТЦ, а не варианты действительных затрат на производство электроэнергии.

Методология это форма организации мысли, сочетающая и науку и философию. Наука дает свои прогнозы и рекомендации для повторяющихся явлений, методология призвана рассматривать ситуацию как уникальную и неповторяемую. Методология опирается на рассмотрение возможных вариантов развития событий и процессов – назначение этих вариантов в концептуальном обеспечении принятия необходимых стратегических решений. При этом в силу неповторимости ситуации наука не может судить о том, какой вариант будет верным. Ее задача выработать базовые принципы развития – принципы отношений с природой и с теми фундаментальными (наблюденными эмпирически и обобщенными научно и философски) процессами в обществе, которые не подвержены «сиюминутным» экономическим, политическим, личным интересам.

Чтение лекций и проведение семинарских занятий рекомендуется проводить в интерактивных классах. Сложные и многочисленные расчеты не должны затенять сути излагаемых методов, поэтому рекомендуется широко использовать системы символьной математики.

Особое внимание студентов следует обратить на интернет ресурсы, где впоследствии они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам. В конце изучения курса рекомендуется выдать студентам использованные презентации в электронном виде.

Автор(ы):

Субботин Станислав Анатольевич, к.т.н.

Рецензент(ы):

профессор Тихомиров Г.В.