

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ ЗАМКНУТОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА

ОДОБРЕНО УМС ИЯФИТ

Протокол № 01/0821-573.1

от 31.08.2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА (ЧАСТЬ 1)

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, экс./зач./КР/КП
3	4	144	16	32	0		60	0	Э
Итого	4	144	16	32	0	16	60	0	

АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Переработка отработавшего ядерного топлива (1)» посвящена ознакомлению студентов с инженерными и химико-технологическими задачами, связанными разработкой технологий переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и оборудования для их реализации.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью дисциплины «ПЕРЕРАБОТКА ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА (1)» является подготовка студентов к решению инженерных и химико-технологических задач, связанных разработкой технологий переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и оборудования для их реализации. Среди задач курса:

- Изучение промышленно-реализованных и перспективных технологий переработки ОЯТ РБН.

- Понятие открытого и замкнутого топливного цикла. Место переработки ОЯТ в ЯТЦ.

- Ознакомление с основными процессами технологии переработки ОЯТ и оборудованием для их реализации.

- Особенности переработки ОЯТ тепловых и быстрых реакторов.

- Ознакомление с требованиями к конечным продуктам переработки ОЯТ. Ознакомления с требованиями к системе обращения с РАО и основными методами обращения с РАО.

- Изучение основных принципов обеспечения ядерной безопасности и взрывопожаробезопасности. .

- 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 домашних заданий.

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, «Профессиональный модуль», «Дисциплины по выбору».

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; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
научно- исследовательский			
<p>Выработка направлений и проведение прикладных научных исследований в области по повышению эффективности и безопасности объектов использования атомной энергии.</p>	<p>Объекты использования атомной энергии.</p>	<p>ПК-3 [1] - Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.008</p>	<p>З-ПК-3[1] - Знать достижения научно-технического прогресса ; У-ПК-3[1] - Уметь применять полученные знания к решению практических задач.; В-ПК-3[1] - владеть методами моделирования физических процессов.</p>
		<p>ПК-5 [1] - Способен проводить расчет и проектирование физических установок и приборов с использованием современных информационных технологий</p> <p><i>Основание:</i></p>	
		<p>ПК-6 [1] - Способен оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения</p> <p><i>Основание:</i></p>	
		<p>ПК-11 [1] - Способен к</p>	

		<p>анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам</p> <p><i>Основание:</i></p>	
	инновационный		
<p>Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.</p>	<p>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.</p>	<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>	<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 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.</p>
Исследования и	Ядерные	ПК-13 [1] - Способен	3-ПК-13[1] - Знать

<p>разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.</p>	<p>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.</p>	<p>проектировать, создавать и внедрять новые продукты и системы и применять теоретические знания в реальной инженерной практике</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>математические методы и компьютерные технологии, необходимые для проектирования и разработки программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов. ; У-ПК-13[1] - Уметь разрабатывать и тестировать программное обеспечение для инженерного анализа инновационных продуктов.; В-ПК-13[1] - владеть навыками разработки и тестирования программного обеспечения для инженерного анализа инновационных продуктов.</p>
<p>Исследования и разработки, направленные на создание новой технологической платформы атомной энергетики, расчетное сопровождение энергетического оборудования, обоснование ядерной и радиационной безопасности объектов использования атомной энергии.</p>	<p>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</p>	<p>ПК-14 [1] - Способен оценивать экономический эффект от внедрения продуктов инновационной деятельности производственных и научных подразделений</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 24.078</p>	<p>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</p>

	обоснования и обеспечения безопасности.		
--	---	--	--

4. 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>3 Семестр</i>						
1	Радиохимические технологии переработки отработавшего ядерного топлива.	1-8	8/16/0	КИ-8 (25)	25	КИ-8	3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-

							ПК-11, 3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
2	Применение PUREX-процесса для переработки плотного и смешанного уран-плутониевого топлива.	9-16	8/16/0	КИ-16 (25)	25	КИ-16	3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11,

							3-ПК-5, У-ПК-5, В-ПК-5, 3-ПК-6, У-ПК-6, В-ПК-6
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		16/32/0		50		
	Контрольные мероприятия за 3 Семестр				50	Э	3-ПК-13, У-ПК-13, В-ПК-13, 3-ПК-14, У-ПК-14, В-ПК-14, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-6.1, У-ПК-6.1, В-ПК-6.1, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11, 3-ПК-

							5, У- ПК-5, В- ПК-5, 3-ПК- 6, У- ПК-6, В- ПК-6
--	--	--	--	--	--	--	--

* – 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
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>3 Семестр</i>	16	32	0
1-8	Радиохимические технологии переработки отработавшего ядерного топлива.	8	16	0
1 - 8	Радиохимические технологии переработки отработавшего ядерного топлива. Свойства ОЯТ. Проблема накопления ОЯТ в современной ядерной энергетике. Виды, химический состав и тепловые свойства облученного ядерного топлива. Технологии обращения с ОЯТ. Хранение и транспортировка ОЯТ. Подготовка ОЯТ к радиохимической переработке. Вскрытие ОЯТ и перевод содержимого в жидкую фазу. Выбор вскрывающего агента и способов растворения топлива. Радиохимические технологии переработки ОЯТ. Общая характеристика радиохимических методов переработки ОЯТ. Водно-экстракционная схема переработки ОЯТ: PUREX-процесс. Экстракционная очистка плутония: Reflux-процесс.	Всего аудиторных часов		
		8	16	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Применение PUREX-процесса для переработки плотного и смешанного уран-плутониевого топлива.	8	16	0
9 - 16	Применение PUREX-процесса для переработки плотного и смешанного уран-плутониевого топлива. Переработка нитридного и МОХ-топлива на основе PUREX-процесса. Проблема образования в облученном	Всего аудиторных часов		
		8	16	0
		Онлайн		
		0	0	0

	нитридном топливе радиоактивного ^{14}C . Использование процесса волоксидации для подготовки топлива к растворению. Растворение нитридов урана и плутония в азотной кислоте. Схемы переработки нитридного ОЯТ. Использование в нитридном топливе азота, обогащенного по изотопу ^{15}N . Технологическая схема усовершенствованной жидкостной переработки облученного топлива – SETFICS и TRUEX процессы.			
--	---	--	--	--

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>3 Семестр</i>
1 - 16	Темы практических занятий 1 Реакторы на медленных нейтронах. Состав и особенности переработки ОЯТ. 2 Водно-экстракционная переработка ОЯТ. PUREX-процесс 3 Оборудование радиохимических технологий 4 Особенности водно-экстракционной переработки нитридного топлива

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы курса «Переработка отработавшего ядерного топлива (1)» используются различные образовательные технологии. Аудиторные занятия проводятся в интерактивных классах. Курс реализуется в сетевой форме на базе Акционерного общества "Высокотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А.А. Бочвара" (АО «ВНИИНМ»). Особое внимание студентов обращается на научно-технические отчеты АО «ВНИИНМ», где они самостоятельно смогут получать актуальную информацию по читаемым темам.

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-11	З-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-11	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-13	З-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-13	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-14	В-ПК-14	Э, КИ-8, КИ-16
	З-ПК-14	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-14	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-3	З-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-3	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-5	З-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-5	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6	З-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6	Э, КИ-8, КИ-16
ПК-6.1	З-ПК-6.1	Э, КИ-8, КИ-16
	У-ПК-6.1	Э, КИ-8, КИ-16
	В-ПК-6.1	Э, КИ-8, КИ-16

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		B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает

75-84		С	материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
70-74		D	
65-69	3 – <i>«удовлетворительно»</i>	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 – <i>«неудовлетворительно»</i>	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. 621.039 О-75 Основы безопасного обращения и обезвреживания радиоактивных отходов : Учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2019
2. ЭИ С 426 Радиоактивные компоненты АЭС: обращение, переработка, локализация : Допущено УМО вузов России по образованию в области электро- и теплоэнергетики в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Ядерная энергетика и теплофизика", Москва: МЭИ, 2019

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ П 81 Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла : , Москва: ЛОГОС, 2012
2. 621.039 П81 Обеспечение безопасности обращения с радиоактивными отходами предприятий ядерного топливного цикла : учебное пособие , Москва: ЛОГОС, 2012
3. ЭИ С24 Технология и оборудование обезвреживания жидких радиоактивных отходов : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
4. 621.039 Я34 Ядерные технологии : учебное пособие, Москва: НИЯУ МИФИ, 2013

5. ЭИ Ш72 Физические основы обезвреживания долгоживущих радиоактивных отходов. Потенциал инновационных технологий : учебное пособие для вузов, А. Н. Шмелев, В. А. Апсэ, Г. Г. Куликов, Москва: МИФИ, 2008

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<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

Поскольку занятия проводятся на базе АО «ВНИИНМ», студенты получают доступ к научно-техническим отчетам предприятия, в которых они могут найти актуальную информацию по читаемым темам.

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Дисциплина посвящена ознакомлению студентов с инженерными и химико-технологическими задачами, связанными разработкой технологий переработки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и оборудования для их реализации. При разработке курса использована современная отечественная и иностранная литература. Знания, полученные студентами при изучении различных дисциплин, применяются к решению задач характерных для ядерных энергетических установок.

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. В конце изучения курса рекомендуется выдать студентам использованные презентации в электронном виде.

Особое внимание следует обратить на вопросы безопасности. Поскольку занятия проводятся на базе АО «ВНИИНМ» студенты должны получить форму допуска, пройти медицинскую комиссию на предмет возможности обращения с источниками ионизирующего излучения.

Автор(ы):

Лаврухин Алексей Анатольевич, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

профессор Ананьев А.В.