

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

О.Ю. Долматов

« 01 » 09 2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Плазменная утилизация и иммобилизация отходов ядерно-топливного цикла

Направление подготовки/ специальность	14.04.02 Ядерные физика и технологии		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Современные изотопные технологии и радиационная безопасность		
Специализация	Изотопные технологии и материалы		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8	
	Практические занятия	24	
	Лабораторные занятия	32	
	ВСЕГО	64	
Самостоятельная работа, ч		152	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		курсовой проект	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен, диф. зачет	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ
------------------------------	---------------------	------------------------------	------

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры		А.Г. Горюнов
		Л.И. Дорофеева
Руководитель ООП Преподаватель		А.Г. Каренгин

2020г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-1	Способен использовать фундаментальные законы в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза новых идей, творческого самовыражения	И.ПК(У)-1.5	Демонстрирует способность к решению инженерных задач в области плазменных процессов и технологий	ПК(У)-1.5 В1	Владеет опытом и основными приемами плазменной переработки промышленных отходов
				ПК(У)-1.5 У1	Умеет анализировать основные процессы плазменной переработка газообразного, жидкого и твердого сырья
				ПК(У)-1.5 З1	Знает способы сохранения (заковки), разделения и обезвреживания продуктов плазмохимических процессов
ПК(У)-2	Способен создавать новые методы расчета современных физических установок и устройств, разрабатывать методы и перспективные технологии	И.ПК(У)-2.1	Демонстрирует способность к расчету термодинамических, гидрогазодинамических и кинетических параметров физико-химических процессов и их оптимизации	ПК(У) - 2.1.В1	Владеет способностью применять алгоритмы, методы расчёта и оптимизации процессов получения высокочистых веществ, переработки, утилизации и обезвреживания промышленных отходов
				ПК(У) - 2.1.У1	Умеет определять основные термодинамические, гидрогазодинамические и кинетические параметры современных процессов разделения изотопов, тонкой очистки и переработки веществ
				ПК(У)- 2.1.З1	Знает методы разделения жидких и газовых смесей, технологий переработки, утилизации и обезвреживания промышленных отходов
ПК(У)-4	Способен оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать её современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах	И.ПК(У) -4.1	Демонстрирует способность к применению современных достижений в области разделительных, лазерных, плазменных, установок в решении технологических задач ЯТЦ	ПК(У)- 4.1.В1	Владеет опытом расчета и оптимизации современных физических установок для разделения, анализа и переработки веществ в научных, экологических и промышленных целях с применением пакетов прикладных программ
				ПК(У)- 4.1.У1	Умеет проводить исследования в области разделения жидких и газовых смесей, получения высокочистых веществ, изотопно-модифицированных материалов
				ПК(У)- 4.1.З1	Знает способы применения разделительных, лазерных, плазменных установок в решении технологических задач ЯТЦ
		И.ПК(У) -4.2	Обладает способностью к выработке	ПК(У)-4.2.В1	Владеет опытом оценки перспектив развития ядерной отрасли и самостоятельного выбора

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
			направлений прикладных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию современных технологий ЯТЦ и организации их выполнения		направления собственных научно-исследовательских работ
				ПК(У)-4.2.У1	Умеет понимать современные профессиональные проблемы, современные ядерные технологии, научно-техническую политику ядерной сферы деятельности
				ПК(У)-4.2.31	Знает современные и перспективные технологии ЯТЦ и направления их дальнейшего развития
ПК(У)-5	Способен самостоятельно выполнять экспериментальные и теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современных приборов для научных исследований и математических методов расчета	И.ПК(У) -5.1	Демонстрирует способность планировать аналитические, имитационные и экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы	ПК(У)-5.1.В1	Владеет опытом планирования, постановки и организации экспериментов по выбору и обоснованию материалов и способов для разделения изотопов, получения моноизотопной и изотопно-модифицированной продукции, тонкой очистки и получения высокочистых веществ, переработки, утилизации и обезвреживания промышленных отходов
				ПК(У)-5.1.У1	Умеет формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач, обобщать и критически оценивать полученную информацию, делать выводы
				ПК(У)-5.1.31	Знает изотопные технологии и материалы, технологии переработки промышленных отходов
ПК(У)-6	Способен провести расчет, концептуальную и проектную разработку современных физических установок и приборов	И.ПК(У)-6.4	Проектирует, разрабатывает и совершенствует технологические процессы, отдельные узлы и установки в разделительных каскадах, плазменных, лазерных, мембранных, ионообменных установках	ПК(У)-6.4.В1	Владеет опытом использования компьютерных технологий и моделирования при разработке процессов и проектировании оборудования для разделения изотопных и молекулярных смесей, утилизации и иммобилизации промышленных отходов, других физических установок
				ПК(У)-6.4.У1	Умеет применять методы расчета, концептуальной и проектной разработки современных физических установок и приборов, каскадов для разделения молекулярных и изотопных смесей
				ПК(У)-6.4.31	Знает методы поиска оптимальных условий осуществления физико-химических процессов, тренажёры системы управления разделительным предприятием

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД-1	Применять основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности, использовать методы математического анализа и моделирования	И.ПК(У)-1.5
РД-2	Выполнять расчеты плазменных установок и плазмохимических процессов, определять оптимальные режимы получения целевых продуктов	И.ПК(У)-1.5 И.ПК(У)-2.1 И.ПК(У)-4.2 И.ПК(У)-6.4
РД-3	Применять экспериментальные методы определения газодинамических, теплофизических и электрофизических режимов работы плазменных установок	И.ПК(У) -4.1 И.ПК(У) -5.1
РД-4	Применять современные приборы инструментального анализа; проводить статистическую обработку экспериментальных данных, полученных при исследовании плазмохимических процессов	И.ПК(У) -4.1
РД-5	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях плазмохимических процессов	И.ПК(У)-2.1 И.ПК(У) -4.2 И.ПК(У) -5.1 И.ПК(У)-6.4

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Генераторы низкотемпературной плазмы	РД1, РД2, РД3, РД-4, РД-5	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	50
Раздел 2. Плазмохимические процессы	РД1, РД2, РД3, РД-4, РД-5	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	50
Раздел 3. Плазменная утилизация и иммобилизация отходов ядерного топливного цикла	РД1, РД2, РД3, РД-4, РД-5	Лекции	4
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	52

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Генераторы низкотемпературной плазмы

Электродуговые плазмотроны. Высокочастотные и сверхвысокочастотные плазмотроны.

Темы лекций:

1. Электродуговые плазмотроны (1 час).
2. Высокочастотные и сверхвысокочастотные плазмотроны (1 час).

Темы практических занятий:

1. Электродуговые плазмотроны. (2 часа).
2. Высокочастотные плазмотроны. (4 часа).
3. Сверхвысокочастотные плазмотроны (2 часа).

Названия лабораторных работ:

1. Определение КПД ВЧФ-плазмотрона (4 часа).
2. Измерение температуры плазменной струи ВЧФ-плазмотрона по ее энтальпии (4 часа).

Раздел 2. Плазмохимические процессы

Классификация и основные стадии плазмохимических процессов. Переработка газообразного, жидкого и твердого сырья.

Темы лекций:

1. Классификация и основные стадии плазмохимических процессов. (1 час).
2. Переработка газообразного, жидкого и твердого сырья (1 час).

Темы практических занятий:

1. Классификация и основные стадии плазмохимических процессов. (2 часа).
2. Переработка газообразного сырья (2 часа).
3. Переработка жидкого сырья (2 часа).
4. Переработка твердого сырья (2 часа).

Названия лабораторных работ:

1. Моделирование процесса плазменной фиксации атмосферного азота (2 часа)
2. Моделирование процесса плазменной переработки водно-солевых растворов тугоплавких металлов (2 часа).
3. Моделирование процесса плазменного вскрытия рудных концентратов (4 часа).

Раздел 3. Плазменная утилизация и иммобилизация отходов ядерного топливного цикла

Плазменный модуль на базе ВЧФ-плазмотрона. Воздушно-плазменная реконверсия обедненного по изотопу уран-235 гексафторида урана. Воздушно-плазменная утилизация и иммобилизация отходов переработки отработавшего ядерного топлива. Воздушно-плазменная утилизация и иммобилизация иловых отложений бассейнов-хранилищ жидких радиоактивных отходов.

Темы лекций:

1. Плазменный модуль на базе ВЧФ-плазмотрона. Воздушно-плазменная реконверсия обедненного по изотопу уран-235 гексафторида урана (2 час).
2. Воздушно-плазменная утилизация отходов переработки отработавшего ядерного топлива (1 час).
3. Воздушно-плазменная утилизация и иммобилизация иловых отложений бассейнов-хранилищ жидких радиоактивных отходов (1 час).

Темы практических занятий:

1. Воздушно-плазменная реконверсия обедненного по изотопу уран-235 гексафторида

- урана. (2 часа).
2. Воздушно-плазменная утилизация и иммобилизация отходов переработки отработавшего ядерного топлива (2 часа).
 3. Воздушно-плазменная утилизация и иммобилизация иловых отложений бассейнов-хранилищ жидких радиоактивных отходов (2 часа).
 4. Воздушно-плазменная иммобилизация иловых отложений бассейнов-хранилищ жидких радиоактивных отходов (2 часа).

Названия лабораторных работ:

1. Моделирование процесса воздушно-плазменной реконверсии обедненного по изотопу уран-235 гексафторида урана (4 часа).
2. Моделирование процесса воздушно-плазменной утилизации отходов переработки отработавшего ядерного топлива (4 часа).
3. Моделирование процесса воздушно-плазменной утилизации иловых отложений бассейнов-хранилищ жидких радиоактивных отходов (4 часа).
Моделирование процесса воздушно-плазменной иммобилизации иловых отложений бассейнов-хранилищ жидких радиоактивных отходов (4 часа).

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины предусмотрена в следующих видах и формах

Виды самостоятельной работы	Объем времени, ч
Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий)	70
Подготовка к лабораторным работам	42
Подготовка к оценивающим мероприятиям	40

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Каренгин А.Г., Новоселов И.Ю., Каренгин А.А. Плазменная техника и технологии в ядерном топливном цикле. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 149 с. – Режим доступа: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2020/m054.pdf>.
2. Алексеев С.В., Зайцев В.А., Толстоухов С.С. Дисперсионное ядерное топливо. – М.: Техносфера, 2015. – 248 с.
3. Каренгин А.Г. Физика и техника низкотемпературной плазмы. Учебно-методический комплекс дисциплины. Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2008. – 130 с. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m176.pdf>.
4. Каренгин А.Г. Физика и химия газоразрядной плазмы. Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2008. – 140 с. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m325.pdf>.
5. Плазменные процессы и технологии. Часть 1: Учебное пособие. – Томск: ТПУ, 2008. – с. 140. Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2010/m174.pdf>.
6. Плазменная техника и технологии. Электронный учебный курс. – Томск: ТПУ, 2015. – Режим доступа: <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=809>.
7. Плазменные технологии переработки веществ. Электронный учебный курс. Томск: ТПУ, 2016. – Режим доступа: <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1163>.
8. Кондрашов А.П., Шестопапов Е.В. Основы физического эксперимента и математическая обработка результатов измерений. – М.: Атомиздат, 1977. – 195 с.

Дополнительная литература

1. Крапивина С.А. Технологические плазмохимические процессы. Учебное пособие / С. А. Крапивина; Ленинградский технологический институт им. Ленсовета. – Ленинград: ЛТИ, 1980. – 76 с. – Режим доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C95023>.
2. Пархоменко В. Д., Цыбулев П. Н., Краснокутский Ю. И. Технология плазмохимических производств. – Киев: «Выща школа», 1991. – 253 с. – Режим доступа: <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C39207>.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Каренгин А.Г., Новоселов И.Ю., Каренгин А.А. Плазменная техника и технологии в ядерном топливном цикле. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 149 с.
Режим доступа: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2020/m054.pdf>.
2. Каренгин А.Г. Физика и техника низкотемпературной плазмы. Учебно-методический комплекс дисциплины. http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FTNP_iep1/index.html/.
3. Каренгин А.Г. Физика и химия газоразрядной плазмы. Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning.
Режим доступа: http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FHGP_iep_2/index.html/.
4. Плазменные процессы и технологии. Часть 1: Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning.
Режим доступа: http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPT_iep2/index.html.
5. Каренгин А.Г. Плазменные процессы и технологии. Часть 2: Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning.
Режим доступа: http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPIT_iep2/index.html.
6. Каренгин А.Г. Плазменная техника и технологии получения и применения нанопорошков: Комплект учебно-методических материалов в среде электронного обучения.
Режим доступа: http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PTN_iep1/index.html.
7. Плазменная техника и технологии. Электронный учебный курс. - Томск: ТПУ, 2015.
Режим доступа: <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=809>.
8. Плазменные технологии переработки веществ. Электронный учебный курс. Томск: ТПУ, 2016.
Режим доступа: <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1163>.

Используемое лицензионное программное обеспечение (в соответствии с Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ):

XnView Classic; 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Ascon КОМПАС-3D 18 Education Concurrent MCAD ECAD; Autodesk AutoCAD Mechanical 2020 Education; Autodesk Inventor Professional 2020 Education; Document Foundation LibreOffice; Far Manager; Google Chrome; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom Zoom; Cisco Webex Meetings; Elsevier Mendeley Desktop; Microsoft Teams; XnView Classic; ownCloud Desktop Client; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

Для проведения лабораторных работ по учебной дисциплине «Лабораторный практикум» имеются стационарные плазменные стенды, оснащенные приборами для контроля режимов работы ВЧФ-плазмотрона, параметров генерируемых им воздушных плазменных струй и протекающих в них плазмохимических процессов.

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, ауд. 431 (Учебный корпус №10)	Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, ауд. 242 (Учебный корпус №10)	Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест; Компьютер - 13 шт.; Принтер - 1 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, ауд. 001А (Учебный корпус №10)	Расходомер массовый OPTIMASS bk7000F/3842 - 1 шт.; Генератор высокочастотный ВЧГ8-60/13-01 - 1 шт.; Модуль плазменный высоковольтный фак. плазматрона УНШ - 1 шт.; Пульт контроля управл. технол. процессом плазматрона - 1 шт.; Оседигональный шнековый насос УОДН 120-100-65 К - 1 шт.; Компрессор Fias - 1 шт.; Электромагнитный расходомер OPTIMASS bk4000F/3842 - 2 шт.; Установка центробежная барботн. - 1 шт.; Уровнемер радарный OPTIWAVE7300С - 1 шт.; Компрессор - 1 шт.; Установка насосная УОДН (Н) - 1 шт.; Весы лабораторные ВЛТЭ-2200г с гирей калибровочной 1кг F2 - 1 шт.; Инфракрасный термометр M90L - 1 шт.; Высокочаст.цифр/ инфрокрасный пирометр IPE140/45 - 1 шт.; Высокочаст.цифр/ инфрокрасный пирометр IPE140/45 - 1 шт.; Частотомер - 1 шт.; Расходомер роторный ЭМИС-ДИО 230 - 1 шт.; Газоанализатор д/анализа дымовых газов КМ9106 - 1 шт.; Газоанализатор - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 30 посадочных мест; Шкаф для документов - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Белинского улица, 53а, ауд. 311 (Научно-техническая библиотека)	Комплект учебной мебели на 50 посадочных мест; Компьютер - 38 шт.; Принтер - 3 шт.; Проектор - 1 шт.
5.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс) 634034, Томская область, г. Томск, Белинского улица, 53а, ауд. 210 (Научно-техническая библиотека)	Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест; Компьютер - 15 шт.; Принтер - 4 шт.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Современные изотопные технологии и материалы» по направлению 14.04.02 Ядерные физика и технологии, специализация «Изотопные технологии и материалы» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик - доцент Каренгин А.Г.

Программа одобрена на заседании ОЯТЦ (протокол от «28» июня 2019 г. №16).

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры, д.т.н.

подпись

Горюнов А.Г.

