

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 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

Основы технологии фабрикация ядерного топлива			
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	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8	
	Практические занятия	32	
	Лабораторные занятия	40	
	ВСЕГО	80	
Самостоятельная работа, ч		136	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		курсовая работа	
ИТОГО, ч		216	

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

Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры Руководитель ООП Преподаватель		А.Г. Горюнов
		Л.И. Дорофеева
		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 объёме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза новых идей, творческого самовыражения	И.ПК(У)-1.4	Демонстрирует способность к решению инженерных задач в области технологий фабрикация ядерного топлива	ПК(У)-1.4 В1	Владеет опытом и основными приемами получения и применения исходных компонентов для синтеза ядерного топлива различных типов
				ПК(У)-1.4 У1	Умеет анализировать основные технологические схемы производства различных видов ядерного топлива и типовое оборудование, используемое в его производстве, применять энергоэффективные технологии плазмохимического синтеза наноразмерных оксидных композиций для перспективных типов ядерного топлива: дисперсионного, REMIX, MOX и др.
				ПК(У)-1.4 З1	Знает теоретические основы всех стадий фабрикация ядерного топлива, физико-химические и технологические свойства порошков сложных оксидных композиций, преимущества и недостатки различных способов получения исходных материалов и непосредственно ядерного топлива
ПК(У)-2	Способен создавать новые методы расчета современных физических установок и устройств, разрабатывать методы и перспективные технологии	И.ПК(У)-2.2	Демонстрирует способность к анализу производственных процессов, необходимых для полноценного функционирования и эксплуатации ядерно-топливного цикла, совершенствованию основных и перспективных технологий ядерно-топливного цикла.	ПК(У)-2.2В1	Владеет представлениями о перспективных видах ядерного топлива и последующего обращения с ним, конструкции разделительных установок, методах анализа технологического оборудования производств с целью достижения оптимальных результатов в отношении качества, надежности, экономики, безопасности ядерно-топливного цикла

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
					и защиты окружающей среды
				ПК(У)-2.2У1	Умеет применять знания о процессах, протекающих в установках разделения и тонкой очистки веществ производств ядерного топливного цикла для их эксплуатации, а также определять содержание технологических процессов, необходимых для полноценного функционирования и развития ядерного топливного цикла
				ПК(У)-2.231	Знает основные технологические стадии и процессы, вовлеченные в ядерный топливный цикл открытого и закрытого типа, уран-плутониевый и торий-урановый циклы, мировые тренды развития технологий производства ядерного топлива, особенности МОКС и РЕМИКС топлива, развитие технологий быстрых реакторов, перспективные технологии разделения и тонкой очистки веществ.
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)-5.2	Демонстрирует способность к проведению самостоятельных научно-исследовательских теоретических и экспериментальных работ по совершенствованию технологических процессов	ПК(У)-5.2.В2	Владеет опытом проведения научно-исследовательских работ в области технологических процессов производства различных видов топлива
				ПК(У)-5.2.У2	Умеет проводить плазмохимический синтез сложных оксидных композиций из смешанных водно-органических растворов
				ПК(У)-5.2.32	Знает методы получения дисперсионных композиций ядерного топлива

## 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)-1.4
РД-2	Выполнять расчеты режимов работы плазменных установок и плазмохимических процессов и определять оптимальные режимы получения целевых продуктов	И.ПК(У)-2.2
РД-3	Применять экспериментальные методы определения газодинамических, теплофизических и электрофизических режимов работы плазменных установок	И.ПК(У)-5.2
РД-4	Применять современные приборы инструментального анализа; проводить статистическую обработку экспериментальных данных, полученных при исследовании плазмохимических процессов	И.ПК(У)-5.2
РД-5	Выполнять обработку и анализ данных, полученных при теоретических и экспериментальных исследованиях плазмохимических процессов	И.ПК(У)-5.2

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. Способы получения порошковых материалов и их свойства	РД-1, РД-2, РД-3, РД-4, РД-5	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	34
Раздел 2. Формирование и спекание заготовок из порошков	РД-1, РД-2, РД-3, РД-4, РД-5	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	-
		Самостоятельная работа	34
Раздел 3. Дисперсионное ядерное топливо в ядерной энергетике	РД-1, РД-2, РД-3, РД-4, РД-5	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	24
		Самостоятельная работа	34
Раздел 4. Материалы матрицы дисперсионного ядерного топлива	РД-1, РД-2, РД-3, РД-4, РД-5	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	16
		Самостоятельная работа	34

#### Содержание разделов дисциплины:

##### Раздел 1. Способы получения порошковых материалов и их свойства

Способы получения порошковых материалов. Способы получения металлических порошков. Механические способы получения порошков. Физико-химические способы получения порошков. Способы получения многокомпонентных порошковых сплавов. Плазмохимический синтез простых и сложных оксидных композиций. Физико-химические и технологические свойства порошков.

**Темы лекций:**

1. Способы получения порошковых материалов (1 час).
2. Физическо-химические и технологические свойства порошков (1 час).

**Темы практических занятий:\***

1. Механические и физико-химические способы получения металлических порошков. (2 часа).
2. Способы получения многокомпонентных порошковых сплавов (2 часа).
3. Плазмохимический синтез простых и сложных оксидных композиций (2 часа).
4. Физическо-химические и технологические свойства порошков (2 часа).

**Раздел 2. Формирование и спекание заготовок из порошков**

Формирование заготовок. Процессы, происходящие при прессовании. Основные схемы прессования порошковых изделий. Характерные пороки прессованных заготовок и их причины. Спекание прессовок. Практика спекания. Характерные пороки при спекании. Свойства спеченных изделий и методы их определения.

**Темы лекций:**

1. Процессы, происходящие при прессовании и спекании порошков. (1 час).
2. Свойства спеченных изделий и методы их определения. (1 час).

**Раздел 3. Дисперсионное ядерное топливо в ядерной энергетике**

Высокотемпературное дисперсионное ядерное топливо. Дисперсионное ядерное топливо энергетических реакторов. Дисперсионное ядерное топливо высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов.

**Темы лекций:**

1. Высокотемпературное дисперсионное ядерное топливо (1 час).
2. Дисперсионное ядерное топливо энергетических и газоохлаждаемых реакторов (1 час).

**Темы практических занятий:\***

1. Высокотемпературное дисперсионное ядерное топливо. (2 часа).
2. Дисперсионное ядерное топливо энергетических реакторов (4 часа).
3. Дисперсионное ядерное топливо высокотемпературных газоохлаждаемых реакторов (2 часа).

**Названия лабораторных работ:**

1. Моделирование процесса плазмохимического синтеза топливных оксидных композиций для дисперсионного REMIX-топлива (6 часов).
2. Моделирование процесса плазмохимического синтеза топливных оксидных композиций для дисперсионного уран-плутониевого топлива (6 часов).
3. Моделирование процесса плазмохимического синтеза топливных оксидных композиций для дисперсионного уран-ториевого топлива (6 часов).
4. Моделирование процесса плазмохимического синтеза топливных оксидных композиций для дисперсионного плутоний-ториевого топлива (6 часов).

**Раздел 4. Материалы матрицы дисперсионного ядерного топлива**

Матричные материалы на основе металлов и сплавов. Матричные материалы на основе оксидов металлов. Матричные материалы на основе карбидов металлов. Матричные

материалы на основе нитридов металлов. Достоинства и недостатки

**Темы лекций:**

1. Матричные материалы на основе металлов и сплавов (1 час).
2. Матричные материалы на основе оксидов, карбидов и нитридов металлов (1 час).

**Темы практических занятий:\***

1. Матричные материалы на основе металлов и сплавов (2 часа).
2. Матричные материалы на основе оксидов металлов (2 часа).
3. Матричные материалы на основе карбидов металлов (2 часа).
4. Матричные материалы на основе нитридов металлов (2 часа).

**Названия лабораторных работ:**

1. Моделирование процесса плазмохимического синтеза топливных оксидных композиций « $UO_2-MgO$ » (4 часа).
2. Моделирование процесса плазмохимического синтеза топливных оксидных композиций « $UO_2-Y_2O_3$ » (4 часа).
3. Моделирование процесса плазмохимического синтеза топливных оксидных композиций « $UO_2-BeO$ » (4 часа).
4. Моделирование процесса плазмохимического синтеза топливных оксидных композиций « $UO_2-ZrO_2$ » (4 часа).

**5. Организация самостоятельной работы студентов**

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

<b>Виды самостоятельной работы</b>	<b>Объем времени, ч</b>
Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий)	60
Подготовка к лабораторным работам	40
Подготовка к оценивающим мероприятиям	36

**6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

**6.1 Учебно-методическое обеспечение**

**Основная литература**

1. Гропянов А.В., Ситов Н.Н., Жукова М.Н. Порошковые материалы. Учебное пособие/ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2017. – 74 с.
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. Плазменные 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\\_ier1/index.html/](http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FTNP_ier1/index.html/).
3. Каренгин А.Г. Физика и химия газоразрядной плазмы. Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning. [http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FHGP\\_ier\\_2/index.html/](http://e-le.lcd.tpu.ru/hublic/FHGP_ier_2/index.html/).
4. Плазменные процессы и технологии. Часть 1: Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning. [http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPT\\_ier2/index.html](http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPT_ier2/index.html)).
5. Каренгин А.Г. Плазменные процессы и технологии. Часть 2: Комплект учебно-методического обеспечения в среде e-learning. [http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPIT\\_ier2/index.html/](http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PPIT_ier2/index.html/).
6. Каренгин А.Г. Плазменная техника и технологии получения и применения нанопорошков: Комплект учебно-методических материалов в среде электронного обучения. ([http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PTN\\_ier1/index.html](http://e-le.lcg.tpu.ru/public/PTN_ier1/index.html)).
7. Плазменная техника и технологии. Электронный учебный курс. - Томск: ТПУ, 2015. (<http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=809>).
8. Плазменные технологии переработки веществ. Электронный учебный курс. Томск: ТПУ, 2016. (<http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=1163>).

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

7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Ascon KOMPAS-3D 18 Education Concurrent MCAD ECAD; Autodesk AutoCAD Mechanical 2020 Education; Autodesk AutoCAD 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; XnView Classic; Amazon Corretto JRE 8; Notepad++; Zoom Zoom; Cisco Webex Meetings; Elsevier Mendeley Desktop; Microsoft Teams.

### **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. 313 (Учебный корпус №10)	Компьютер - 1 шт.; Проектор - 2 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 40 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)	Компьютер - 13 шт.; Принтер - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест.
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 Фиас - 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 ВЛГЭ-2200г с гирей калибровочной 1кг F2 - 1 шт.; Инфракрасный термометр М90L - 1 шт.; Высокочаст.цифр/ инфрокрасный пирометр IPE140/45 - 1 шт.; Высокочаст.цифр/ инфрокрасный пирометр IPE140/45 - 1 шт.; Частотометр - 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)	Компьютер - 38 шт.; Принтер - 3 шт.; Проектор - 1 шт., Комплект учебной мебели на 50 посадочных мест.
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. 210/1 (Научно-техническая библиотека)	Компьютер - 10 шт.; Проектор - 1 шт., Комплект учебной мебели на 10 посадочных мест.

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Современные изотопные технологии и материалы» по направлению 14.04.02 Ядерная 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.



Горюнов А.Г.

подпись

