

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

УТВЕРЖДАЮ

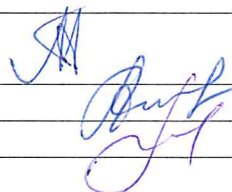
Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«28» июля 2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2016 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Оборудование производств редких элементов			
Направление подготовки/специальность	18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Химическая технология материалов современной энергетики		
Специализация	Химическая технология материалов ядерного топливного цикла		
Уровень образования	высшее образование - специалитет		
Курс	4	семестр	8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	40	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	40	
	ВСЕГО	96	
Самостоятельная работа, ч		120	
ИТОГО, ч		216	

Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Обеспечивающее подразделение	ОЯТЦ ИЯТШ
Заведующий кафедрой - руководитель Отделения Руководитель ООП Преподаватель			Горюнов А.Г.
			Леонова Л.А.
			Кантаев А.С.

2020г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п.6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов обучения	
			Код	Наименование
ОПК(У)-3	Способность к использованию методов математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели	Р8	ОПК(У)-3.В5	Владеет и анализирует оборудование и технологический процесс, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию
			ОПК(У)-3.У5	Умеет работать с информацией из различных источников и моделирующих средах, а также на основе известных способов моделировать оборудование и технологические последовательности получения соединений редких элементов
			ОПК(У)-3.35	Знает принципы разработки новых технологических схем на основе результатов моделирования процессов и аппаратов
ПК(У)-2	Способность к решению профессиональных производственных задач, включающих разработку норм выработки и технологических нормативов расходования сырья, материалов и энергетических затрат, совершенствование контроля технологического процесса	Р8	ПК(У)-2.В6	Владеет опытом расчёта и подбора транспортировочных машин
			ПК(У)-2.В7	Владеет опытом работы на технологическом оборудовании в лабораторных условиях и определения оптимальных режимов его работы
			ПК(У)-2.У6	Умеет работать с литературными источниками базами данных и атласами оборудования, а также уметь производить расчеты основного и вспомогательного оборудования
			ПК(У)-2.У7	Умеет определять тип и вид оборудования и осуществляемого в нем процесса (на схеме/чертеже/в натуре) в технологии редких элементов
			ПК(У)-2.36	Знает оборудование механических процессов, методику расчета и подбора транспортирующей машины
			ПК(У)-2.37	Знает основные типы и принципы работы оборудования в производстве редких металлов, принципы создания каскадов, замкнутых схем, правила построения технологических схем
ДПСК(У)-1.1	Способность к безопасному проведению, контролю, усовершенствованию и разработке	Р10	ДПСК(У)-1.1.У5	Владеет навыками определять тип и вид оборудования под осуществляемый процесс в технологии редких элементов
			ДПСК(У)-1.1.У5	Умеет работать атласами оборудования производства редких элементов

Код компетенции	Наименование компетенции	Результаты освоения ООП	Составляющие результатов обучения	
			Код	Наименование
	технологических процессов производства основных функциональных материалов ядерного топливного цикла, в том числе с использованием радиоактивных материалов		ДПСК(У)-1.1.35	Знает оборудование производства редких элементов и методы его расчета

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		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Знать принципы разработки новых технологических схем на основе результатов моделирования процессов и аппаратов	ОПК(У)-3
РД-2	Анализировать технологический процесс и оборудование, составляющее его, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию и принимать технические решения с учетом всех факторов, влияющих на процесс, а также выдать рекомендации по корректировке процесса и аппарата выделения с целью повышения его эффективности	ПК(У)-2
РД-3	Знать основные принципы организации комплексной переработки руд, концентратов редких элементов и техногенного сырья, составляющие его аппараты, а также иерархическую структуру и методы оценки эффективности производства	ДПСК(У)-1.1

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. Введение. Трубопроводы и арматура	РД-2 Анализировать технологический процесс и оборудование, составляющее его, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию и принимать технические решения с учетом всех факторов, влияющих на процесс, а также выдать рекомендации по корректировке процесса и аппарата выделения с целью повышения его эффективности	Лекции	2
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	10
Раздел 2. Оборудование механических процессов	РД-3 Знать основные физико-механические свойства сыпучих материалов и физико-механические основы измельчения. Овладеть знаниями о аппаратуре для крупного дробления; о аппаратуре для среднего и о аппаратуре для измельчения.	Лекции	6
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	18
		Самостоятельная работа	12
Раздел 3. Обогащение руд	РД-3 Знать основные принципы организации комплексной переработки руд, концентратов редких элементов и техногенного сырья, составляющие его аппараты, а также иерархическую структуру и методы оценки эффективности производства	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	12
Раздел 4. Выщелачивание	РД-1 Знать принципы разработки новых технологических схем на основе результатов моделирования процессов и аппаратов	Лекции	6
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	12
Раздел 5. Оборудование ионообменных процессов	РД-1 Знать принципы разработки новых технологических схем на основе результатов моделирования процессов и аппаратов	Лекции	6
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	12
Раздел 6. Оборудование экстракционных процессов	РД-1 Знать принципы разработки новых технологических схем на основе результатов моделирования процессов и аппаратов	Лекции	4
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	12
Раздел 7. Высокотемпературные процессы	РД-2 Анализировать технологический процесс и оборудование, составляющее его, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию и принимать технические решения с учетом всех факторов, влияющих на процесс, а также выдать рекомендации по корректировке процесса и аппарата выделения с целью повышения его эффективности	Лекции	2
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	10
Раздел 8. Процессы в перемешиваемом слое	РД-2 Анализировать технологический процесс и оборудование, составляющее его,	Лекции	2
		Практические	–

твердого материала	выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию и принимать технические решения с учетом всех факторов, влияющих на процесс, а также выдать рекомендации по корректировке процесса и аппарата выделения с целью повышения его эффективности	занятия	
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	10
Раздел 9. Процессы в псевдооживленном слое твердого материала	РД-2 Анализировать технологический процесс и оборудование, составляющее его, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию и принимать технические решения с учетом всех факторов, влияющих на процесс, а также выдать рекомендации по корректировке процесса и аппарата выделения с целью повышения его эффективности	Лекции	4
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	10
Раздел 10. Процессы в пламени	РД-2 Анализировать технологический процесс и оборудование, составляющее его, выявлять недостатки и разрабатывать мероприятия по его совершенствованию и принимать технические решения с учетом всех факторов, влияющих на процесс, а также выдать рекомендации по корректировке процесса и аппарата выделения с целью повышения его эффективности	Лекции	2
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	10
Раздел 11. Процессы и аппараты для получения и очистки металлов	РД-1 Знать принципы разработки новых технологических схем на основе результатов моделирования процессов и аппаратов	Лекции	2
		Практические занятия	–
		Лабораторные занятия	–
		Самостоятельная работа	10

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Введение. Трубопроводы и арматура

Предмет и задачи курса. Факторы, влияющие на конструкции аппаратов и машин, их эксплуатацию. Химическая, радиохимическая и ядерная безопасность при конструировании химической аппаратуры и ее обслуживание.

Трубы и фасонные части трубопроводов. Соединение трубопроводов. Компенсаторы. Опора трубопроводов. Арматура: краны, вентили, задвижки, клапаны. Расчет трубопроводной арматуры.

Раздел 2. Оборудование механических процессов

Общие сведения о процессах. Основные физико-механические свойства сыпучих материалов. Дисперсионный состав. Транспортировка, хранение сыпучих материалов. Классификация транспортных устройств. Конвейеры: скребковые, ленточные, винтовые. Дробление и измельчение. Физико-механические основы измельчения. Расход энергии. Аппаратура для крупного дробления: щековые и конусные дробилки; для среднего и мелкого: валковые и ударные дробилки; для измельчения: шаровые и стержневые мельницы. Классификация. Основные способы классификации. Ситовая классификация. Грохоты: колосниковые, качающиеся, вибрационные. Гидравлическая классификация. Гидроциклоны. Классификаторы: речные, скребковые, спиральные.

Раздел 3. Обогащение руд

Способы обогащения. Гравитационное обогащение. Магнитная и электростатическая сепарация. Общие сведения о процессах. Конструкция аппаратов: отсадочные машины,

концентрационные столы, сепараторы, РКС.

Раздел 4. Выщелачивание

Определение процесса выщелачивания. Перколяционное и агитационное выщелачивание. Основные факторы, влияющие на скорость процесса гидрометаллургического вскрытия руд и концентратов. Аппараты с механическим, пневмомеханическим и пульсационным перемешиванием. Горизонтальные и вертикальные автоклавы. Конструкции и расчеты. Расчет объема аппарата и числа аппаратов в каскаде непрерывного действия.

Раздел 5. Оборудование ионообменных процессов

Место и роль ионного обмена в атомной промышленности. Основы ионного обмена: физико-химические свойства, равновесие ионного обмена, кинетика ионного обмена. Конструкции ионообменных аппаратов периодического, непрерывного и полунепрерывного действия. Методы оценки и сравнения эффективности ионообменной аппаратуры. Инженерный расчет ионообменного оборудования.

Раздел 6. Оборудование экстракционных процессов

Основные понятия экстракции. Область применения экстракции на предприятиях, производящих редкие и радиоактивные металлы. Теоретические основы процесса: экстракционное равновесие, выбор экстрагента и разбавителя, применение высаливателей, кинетика экстрагирования.

Устройство смесителей-отстойников, колонных аппаратов и центробежных экскаваторов.

Раздел 7. Высокотемпературные процессы

Общая характеристика высокотемпературных процессов производства урана и редких металлов. Основные положения кинетики гетерогенных химических реакций.

Раздел 8. Процессы в перемешиваемом слое твердого материала

Общие сведения. Вращающиеся, шахтные печи, шнековые реакторы, их достоинства и недостатки. Основные конструкционные особенности. Движения мелкокускового материала. Расчет печей по производительности.

Раздел 9. Процессы в псевдоожиженном слое твердого материала

Области применения в технологии редких и радиоактивных элементов. Гидродинамика взвешенного и кипящего слоя. Кипящий и фонтанирующий слой. Конструктивные особенности реакторов кипящего слоя, их достоинства и недостатки. Методы расчета по производительности. Аппараты "комбинированного" типа. Достоинства и недостатки.

Раздел 10. Процессы в пламени

Общие сведения. Области применения. Гидродинамика горящего факела. Теплопередача в пламенных процессах. Конструкция пламенных реакторов и их расчет.

Раздел 11. Процессы и аппараты для получения и очистки металлов

Теория процессов восстановительной и рафинировочной плавки. Конструкции печей.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск литературы и электронных источников информации по проблеме курса;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Подготовка к лабораторным работам;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.
- Выполнение индивидуального домашнего задания.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература:

1. Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс [Электронный ресурс] : в 2 кн. / В. Г. Айнштейн, М. К. Захаров, Г. А. Носов [и др.] ; Под ред. В. Г. Айнштейна. - 5-е изд. (эл.). - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 1758 с.: ил. - ISBN 978-5-9963-2214-5. - Текст : непосредственный. - 2 экз.
2. Шульга, А. В. Получение и обработка металлов и соединений : учебно-методическое пособие / А. В. Шульга. – Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. – 64 с. – ISBN 978-5-7262-1540-2. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/75720> – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Маслов, Александр Антонович. Технология урана : учебное пособие / А. А. Маслов, Г. В. Каляцкая, Г. Н. Амелина; Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во ТПУ, 2007. – URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext3/m/2008/m76.pdf> – Режим доступа: из сети НТБ ТПУ. – Текст электронный.

Дополнительная литература:

1. Богатырева, Е. В. Прогрессивные технологии производства редких металлов : учебное пособие / Е. В. Богатырева. – Москва : МИСИС, 2013. – 62 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/47417> – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи : учебное пособие для вузов / М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко [и др.]; под ред. М. Ф. Михалева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: АРИС, 2010. – 310 с.: ил. – Текст: непосредственный.
3. Основы проектирования химических производств : учебник для вузов / В. И. Косинцев, А. И. Михайличенко, Н. С. Крашенинникова [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; под ред. А. И. Михайличенко. – 2-е изд. испр. и доп. – Москва: Академкнига, 2010. – URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2011/m04.pdf> – Режим доступа: свободный доступ из сети Интернет. – Текст электронный.

При выполнении лабораторных работ используются следующие учебные пособия и методические указания:

1. Выделение ильменитового концентрата методом концентрации: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая

технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 25 с.

2. Определение гранулометрического состава дисперсных материалов: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 12 с.

3. Определение размера пор фильтрующего элемента: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 13 с.

4. Определение удельной поверхности порошкообразных материалов: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д., Ворошилов Ф.А.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 16 с.

5. Исследование процесса осаждения твёрдых частиц в жидкостях под действием силы тяжести: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д., Ворошилов Ф.А.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 24 с.

6. Подготовка руды к процессу выщелачивания: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 11 с.

7. Разделение гетерогенных систем в поле центробежных сил: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д., Ворошилов Ф.А.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 22 с.

8. Исследование процесса дозирования порошкообразных материалов: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 22 с.

Методические указания по самостоятельной работе.

1. Расчет установок пневмотранспорта: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д.; Томский политехнический

университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 28 с. Расчет шнекового транспорта.

2. Расчет ленточного транспортера: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 27 с.

3. Расчет шнекового транспортера: методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу «Оборудование производств редких элементов» для студентов IV курса, обучающихся по специальности 240501 Химическая технология материалов современной энергетики / сост. Кантаев А.С., Брус И.Д.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 16 с.

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Книги по процессам и аппаратам <http://hemsintez24.ru/processy-i-apparaty-himicheskoy-tehnologii>

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

1. 7-Zip;
2. Adobe Acrobat Reader DC;
3. Adobe Flash Player;
4. Cisco Webex Meetings;
5. Far Manager; Google Chrome;
6. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
7. WinDjView;
8. Zoom Zoom.

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная аудитория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 332	Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 120 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2	Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест; Шкаф вытяжной - 1шт.; Шкаф для документов - 2шт.; Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Стол лабораторный - 2 шт тумбочка-1 шт.; Компьютер - 1 шт. Проектор -1 шт. Цифровой стереоскопический микроскоп Альтами ПС 2/4 - 1

	322A	шт.; Центрифуга ОПН 8 1990г - 1 шт.; Технологическая лаборатория - 1 шт.; Весы ВЛТ-510-П - 1 шт.; Весы AND HL-400 - 2 шт;
--	------	---

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 18.05.02 «Химическая технология материалов современной энергетики» / специализация «Химическая технология материалов ядерного топливного цикла» (приема 2015 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ		А.С. Кантаев

Программа одобрена на заседании кафедры ХТРЭ
(протокол № 25 от «07» декабря 2016 г.).

Заведующий кафедрой - руководитель Отделения ЯТЦ
д.т.н, профессор


подпись /А.Г. Горюнов/

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании подразделения (протокол)
2017/2018 уч. год	Внесены изменения в п.6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	<u>Протокол № 5 от 23.05.2017</u>
2018/2019 уч. год	Вступили в действие «Система оценивания результатов обучения в ТПУ (Система оценивания)» приказ №58/од от 25.07.2018 г.) «Положение о проведении текущего контроля и промежуточной аттестации в ТПУ приказ №59/од от 25.07.2018 г.», утратили силу «Положение о проведении текущего оценивания и промежуточной аттестации в ТПУ» приказ №88/од от 27.12.2013 г., «Руководящие материалы по текущему контролю и успеваемости, промежуточной и итоговой аттестации студентов Томского политехнического университета (приказ №77/од от 29.11.2011г.)»	<u>Протокол №3-д от 27.08.2018 г</u>
2019/2020 уч. год	Внесены изменения в п. 7 Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины	<u>Протокол №16 от 28.06.2019</u>