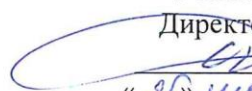


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЯТШ  
 Долматов О.Ю.  
« 26 » июня 2020г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2020г**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

| Процессы и аппараты химической технологии                                                                              |                                                                  |         |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------|-----------------|
| 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                                                                                                                   | 2, 3                                                             | семестр | 4, 5            |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)                                                                            | 6<br>4/2                                                         |         |                 |
| Виды учебной деятельности                                                                                              | Временной ресурс                                                 |         |                 |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                                                                                      | Лекции                                                           |         | 32              |
|                                                                                                                        | Практические занятия                                             |         | 24              |
|                                                                                                                        | Лабораторные занятия                                             |         | 32              |
|                                                                                                                        | ВСЕГО                                                            |         | 88              |
| Самостоятельная работа, ч                                                                                              |                                                                  |         | 128             |
| в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа) |                                                                  |         | курсовая работа |
| ИТОГО, ч                                                                                                               |                                                                  |         | 216             |

|                                                                                      |                                                                                      |                              |              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|--------------|
| Вид промежуточной аттестации                                                         | Экзамен<br>Диф. зачет                                                                | Обеспечивающее подразделение | ОЯТЦ ИЯТШ    |
| Заведующий кафедрой -<br>руководитель Отделения<br>Руководитель ООП<br>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.5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                   | Составляющие результатов обучения |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                            | Код                               | Наименование                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| ОПК(У)-1        | Способность использовать математические и естественнонаучные знания для решения задач своей профессиональной деятельности                                                                                  | ОПК(У)-1.B11                      | Методами расчета и анализа процессов в химических аппаратах для оценки эффективности работы химических производств, определения технологических показателей, методами выбора химических аппаратов                                                                                                                                       |
|                 |                                                                                                                                                                                                            | ОПК(У)-1.B12                      | Владеет опытом проектирования основных аппаратов химических технологий                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|                 |                                                                                                                                                                                                            | ОПК(У)-1.B13                      | Владеет опытом проведения типовых химико-технологических процессов                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                 |                                                                                                                                                                                                            | ОПК(У)-1.У11                      | Умеет определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи, а также основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов                                                                                                  |
|                 |                                                                                                                                                                                                            | ОПК(У)-1.У12                      | Умеет произвести выбор типа аппарата и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса, определить параметры наилучшей организации процесса в химическом аппарате, его технологическую эффективность                                                                                                                |
|                 |                                                                                                                                                                                                            | ОПК(У)-1.У13                      | Умеет эксплуатировать современные аппараты химической технологии                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                 |                                                                                                                                                                                                            | ОПК(У)-1.311                      | Знает основы теории переноса импульса, тепла и массы; принципы физического моделирования химико-технологических процессов, основные уравнения движения жидкостей, основы теории теплопередачи, основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз, методы расчета тепло- и массообменной аппаратуры |
|                 |                                                                                                                                                                                                            | ОПК(У)-1.312                      | Знает типы и виды аппаратов, основные технологические параметры процессов для объектов профессиональной деятельности, знать основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов                                                                                              |
| ОПК(У)-3        | Способность к использованию методов математического моделирования отдельных стадий и всего технологического процесса, к проведению теоретического анализа и экспериментальной проверке адекватности модели | ОПК(У)-3.B3                       | Владеет навыками сравнительной характеристики физического и математического моделирования при решении химико-технологических задач                                                                                                                                                                                                      |
|                 |                                                                                                                                                                                                            | ОПК(У)-3.У3                       | Умеет применять законы, уравнения, теории процессов и аппаратов химической технологии при изучении и разработке химико-технологических процессов, методы физического и математического моделирования                                                                                                                                    |
|                 |                                                                                                                                                                                                            | ОПК(У)-3.33                       | Знает основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии, методы построения эмпирических (статистических) и физико-химических (теоретических) моделей химико-технологических процессов                                                                                                          |

## 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                                          | Уметь применять знания законов, теорий, уравнений, методов процессов и аппаратов химической технологии при изучении и разработке химико-технологических процессов                                              | ОПК(У)-1    |
| РД-2                                          | Уметь выполнять при разработке технических проектов технологический расчёт основных аппаратов химических технологий, включая материальный, термодинамический, тепловой, массообменный и гидравлический расчёты | ОПК(У)-3    |

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. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1. Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии</b> | <b>РД-1</b> Уметь применять знания законов, теорий, уравнений, методов процессов и аппаратов химической технологии при изучении и разработке химико-технологических процессов                                              | Лекции                    | <b>2</b>          |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Практические занятия      | -                 |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Лабораторные занятия      | -                 |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Самостоятельная работа    | <b>22</b>         |
| <b>Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты</b>                                                      | <b>РД-1</b> Уметь применять знания законов, теорий, уравнений, методов процессов и аппаратов химической технологии при изучении и разработке химико-технологических процессов                                              | Лекции                    | <b>8</b>          |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Практические занятия      | <b>4</b>          |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Лабораторные занятия      | <b>16</b>         |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Самостоятельная работа    | <b>22</b>         |
| <b>Раздел 3. Разделение неоднородных систем</b>                                                             | <b>РД-2</b> Уметь выполнять при разработке технических проектов технологический расчёт основных аппаратов химических технологий, включая материальный, термодинамический, тепловой, массообменный и гидравлический расчёты | Лекции                    | <b>6</b>          |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Практические занятия      | <b>4</b>          |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Лабораторные занятия      | -                 |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Самостоятельная работа    | <b>20</b>         |
| <b>Раздел 4. Теплообменные процессы и аппараты</b>                                                          | <b>РД-1</b> Уметь применять знания законов, теорий, уравнений, методов процессов и аппаратов химической технологии при изучении и разработке химико-технологических процессов                                              | Лекции                    | <b>8</b>          |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Практические занятия      | <b>4</b>          |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Лабораторные занятия      | <b>16</b>         |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Самостоятельная работа    | <b>22</b>         |
| <b>Раздел 5. Массообменные процессы и аппараты</b>                                                          | <b>РД-1</b> Уметь применять знания законов, теорий, уравнений, методов процессов и аппаратов химической технологии при изучении и разработке химико-технологических процессов                                              | Лекции                    | <b>6</b>          |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Практические занятия      | <b>4</b>          |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Лабораторные занятия      | –                 |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Самостоятельная работа    | <b>22</b>         |
| <b>Раздел 6. Современные проблемы в области процессов и аппаратов химической промышленности</b>             | <b>РД-2</b> Уметь выполнять при разработке технических проектов технологический расчёт основных аппаратов химических технологий, включая материальный, термодинамический, тепловой, массообменный и гидравлический расчёты | Лекции                    | <b>2</b>          |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Практические занятия      | -                 |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Лабораторные занятия      | -                 |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                            | Самостоятельная работа    | <b>28</b>         |

## **Содержание разделов дисциплины:**

### **Раздел 1. Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии**

*Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии. Общие сведения о процессах химической технологии. Место и роль процессов и аппаратов химической технологии в современном мире химической промышленности.*

*Классификация основных процессов и аппаратов химической технологии. Роль и взаимосвязь типовых процессов в химической технологии. Непрерывные и периодические процессы. Стационарные и нестационарные процессы. Теоретические основы процессов химической технологии.*

#### **Тема лекции:**

1. Введение в предмет. Основные понятия и закономерности при расчете аппаратов химической технологии.

### **Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты**

*Основы гидравлики. Введение в гидравлику. Предмет и задачи гидравлики - науки о закономерностях поведения жидкостей. Основные понятия, термины и определения: системы координат: гидродинамические понятия точки, элементарного объема, элементарной поверхности, элементарной частицы. Классификация сил, действующих на жидкость. Основные физические свойства жидкостей: плотность и удельный вес, сжимаемость, свойство жидкости к расширению, поверхностное натяжение. Основные задачи гидростатики. Абсолютный и относительный покой жидкости. Предмет и задачи гидродинамики - науки о закономерностях поведения движущейся жидкости. Понятия о скоростях движения: локальная и средняя скорости. Представление о потоке жидкости как потоке элементарных частиц: линия тока, элементарная струйка (трубка тока), поток. Основные характеристики движения жидкостей: скорость потока, объёмный и массовый расходы. Гидродинамические режимы течения жидкостей в условиях внутренней и внешней задач гидродинамики. Основные уравнения гидродинамики: дифференциальные уравнения неразрывности потока и движения жидкости Навье-Стокса и Эйлера.*

#### **Тема лекции:**

1. Основы гидравлики. Введение в гидравлику.
2. Предмет и задачи гидравлики - науки о закономерностях поведения жидкостей.
3. Гидростатика. Основные задачи гидростатики.
4. Гидродинамика. Предмет и задачи гидродинамики - науки о закономерностях поведения движущейся жидкости.

#### **Темы практических занятий:**

1. Применимость уравнения Бернулли для практических расчетов.
2. Критерии  $Re$ ,  $Ar$ ,  $Nu$ ,  $Fr$ ,  $Eu$  расчет применимость на практике.

#### **Название лабораторной работы:**

1. Определение гидравлических сопротивлений трубопровода.
2. Изучение принципов работы запорно-регулирующей арматуры.

### **Раздел 3. Разделение неоднородных систем**

*Классификация неоднородных систем и методов разделения. Определение, возникновение, основные свойства и характеристики неоднородных систем. Цели и задачи процессов разделения. Принципы выбора методов разделения и сравнительные оценки эффективности процессов разделения. Основы составления материального баланса процессов разделения. Разделение неоднородных систем осаждением в поле действия гравитационных сил (отстаивание). Основные закономерности процесса, задачи и методы расчета. Разделение неоднородных систем фильтрованием. Физическая сущность, виды и*

методы фильтрования. Способы создания движущей силы процессов фильтрования. Основное уравнение фильтрования и его анализ с точки зрения повышения эффективности процесса.

**Тема лекции:**

1. Классификация неоднородных систем и методов разделения.
2. Осаждение.
3. Фильтрование.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет отстойников. Расчет фильтровальных установок.
2. Расчет фильтров, производительности вакуумных машин и площади фильтрования.

|                                                    |
|----------------------------------------------------|
| <b>Раздел 4. Теплообменные процессы и аппараты</b> |
|----------------------------------------------------|

Тепловые процессы в химической технологии, их роль и значение в проведении химико-технологических процессов. Классификация способов переноса теплоты. Стационарный и нестационарный процессы теплопереноса. Основные понятия, определения и теплофизические свойства веществ: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, теплоёмкость, энтальпия, теплопроводность и температуропроводность. Движущие силы процессов теплообмена. Тепловое равновесие. Основные задачи статики и кинетики процессов теплообмена. Тепловые балансы. Назначение, цель и методы составления тепловых балансов. Виды тепловых балансов для различных теплообменных процессов. Передача теплоты теплопроводностью. Коэффициент теплоотдачи и движущая сила. Теплоотдача в условиях естественной и вынужденной конвекции без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния теплоносителей (конденсация паров и кипение жидкостей). Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи при постоянных и переменных температурах теплоносителей. Принципы расчета коэффициентов теплопередачи. Движущая сила процессов теплопередачи. Практическое использование уравнения теплопередачи в проектных и поверочных расчётах.

Выпаривание. Назначение и сущность процессов выпаривания. Движущая сила процесса. Однократный и многократный процессы выпаривания. Материальный и тепловой балансы процессов выпаривания. Понятия о располагаемой и общей полезной разности температур. Распределение полезной разности температур многокорпусных выпарных установок по корпусам.

**Тема лекции:**

1. Тепловые процессы в химической технологии, тепловые балансы.
2. Теплопередача.
3. Принципы расчета коэффициентов теплопередачи. Движущая сила процессов теплопередачи.
4. Выпаривание. Назначение и сущность процессов выпаривания. Движущая сила процесса.

**Темы практических занятий:**

1. Расчеты материальных и тепловых балансов, составление материально потоковых графов. Расчет термодинамики процессов.
2. Тепловые процессы. Определение коэффициента теплопередачи. Выпарные установки.

**Название лабораторной работы:**

1. Изучение процесса теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе».

## 2. Изучение процесса теплопередачи в теплообменнике типа «кожухотрубный теплообменник».

### **Раздел 5. Массообменные процессы и аппараты**

*Значение процессов массопереноса в химической технологии. Движущая сила процессов массопереноса, классификация и общая характеристика массообменных процессов с участием газовой, жидкой и твердой фаз (массообменные процессы со свободной и фиксированной границами раздела фаз): абсорбция (десорбция), адсорбция, дистилляция, экстракция, кристаллизация, сушка.*

*Материальные балансы процессов массопереноса. Общие сведения и характеристика процессов массопереноса в пределах объема одной фазы: молекулярная и конвективная диффузия. Уравнение массоотдачи и коэффициенты массоотдачи.*

*Массопередача. Уравнения массопередачи, определение средних движущих сил процессов массопередачи.*

*Основы расчета массообменных аппаратов.*

*Абсорбция. Определение и общая характеристика процессов абсорбции. Практические области применения абсорбции. Физико-химические основы процессов массопереноса в системах газ-жидкость.*

*Общая методика технологического и конструктивного расчетов абсорбционных аппаратов. Основные тенденции оптимизации режимно-технологических и конструктивных параметров процесса абсорбции.*

*Сложная перегонка (ректификация). Определение и физико-химические основы ректификационного разделения жидких смесей. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации. Принципы составления материального и теплового балансов. Основные показатели процесса ректификации: флегмовое число и коэффициент питания. Графическое представление процесса ректификации на t-x-у диаграмме.*

*Основные методы и особенности технологического расчёта ректификационных колонных аппаратов и подбор вспомогательного оборудования. Способы интенсификации процессов ректификации.*

*Жидкостная экстракция. Краткие сведения и общая характеристика процессов экстракции в системах жидкость-жидкость. Равновесие в системах жидкость-жидкость, изотермы экстракции и треугольные диаграммы. Материальный баланс процесса жидкостной экстракции и основные кинетические закономерности процесса. Способы проведения экстракции и основные типы экстракционных аппаратов. Принципы технологического расчёта экстракторов.*

#### **Тема лекции:**

1. Массопередача. Материальные балансы процессов массопереноса.
2. Абсорбция. Определение и общая характеристика процессов абсорбции.
3. Сложная перегонка (ректификация). Определение и физико-химические основы ректификационного разделения жидких смесей.

#### **Темы практических занятий:**

1. Массопередача. Адсорбция, абсорбция и экстракция.
2. Расчет коэффициента трения трубопроводов и определение местных сопротивлений движению жидкости по трубопроводам.

### **Часть 6. Современные проблемы в области процессов и аппаратов в химической промышленности**

*Проблемные вопросы создания замкнутых и малоотходных экологически чистых технологических производств. Увеличение мощности единичных аппаратов. Новые процессы и аппараты. Использование методов САПР в проектировании типовых химико-*

технологических аппаратов.

**Тема лекции:**

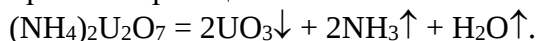
1. Современные проблемы в области процессов и аппаратов в химической промышленности.

**Тематика курсовых работ (теоретический раздел):**

1. Разработать конструкцию пачука и рассчитать каскад аппаратов для выщелачивания урановой руды производительностью 1 т/час по исходной твердой урановой руде. Руда – уранинит.

2. Разработать конструкцию сушильной печи для сушки производительностью 200 кг/час. Влажность исходного ильменитового концентрата 10 %. Влажность высушенного ильменитового концентрата 0,5 %.

3. Разработать конструкцию прокалочной печи для прокали диураната аммония производительностью 500 кг/час по исходному веществу. При прокалке диураната аммония протекает реакция:



Температура прокалки 600-700 °С.

4. Разработать конструкцию ректификационной колонны для ректификационной очистки  $\text{TiCl}_4$  от  $\text{SiCl}_4$ . Содержание  $\text{SiCl}_4$  в исходном  $\text{TiCl}_4$  составляет 1,5 %. Производительность по очищенному  $\text{TiCl}_4$  – 100 кг/час.

5. Разработать конструкцию осветлительного фильтра производительностью 50 м<sup>3</sup>/час для очистки воды от коллоидно-взвешенных веществ. Содержание взвешенных веществ в исходной воде 350 мг/кг.

6. Разработать конструкцию катионообменного фильтра производительностью 60 м<sup>3</sup>/час для удаления из воды растворенных в ней катионов. Содержание  $\text{Ca}^{2+}$  – 23,4 мг/кг;  $\text{Mg}^{2+}$  – 5,2 мг/кг;  $\text{Na}^+$  – 1,16 мг/кг.

7. Разработать конструкцию и рассчитать теплообменник для охлаждения газового потока состава 75 %  $\text{UF}_6$ ; 7 %  $\text{F}_2$ ; 18 %  $\text{O}_2$ . Расход газового потока – 20 м<sup>3</sup>/час. Охладить газовый поток необходимо от 300 до 65 °С. Охлаждающая среда – вода, ее температура увеличивается от 20 до 80 °С.

8. Разработать конструкцию анионообменного фильтра производительностью 55 м<sup>3</sup>/час для удаления из воды растворенных в ней анионов. Содержание  $\text{Cl}^-$  – 8,8 мг/кг;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 2,96 мг/кг.

9. Разработать конструкцию и рассчитать реактор с мешалкой (агитатор) для осаждения диураната аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$  из уранилнитрата  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  25 %-ным водным раствором  $\text{NH}_3$  ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Производительность по  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$  – 100 кг/час. При осаждении протекает реакция:



10. Разработать конструкцию и рассчитать ректификационную колонну  $\text{TiCl}_4$  от  $\text{FeCl}_3$ . Содержание  $\text{FeCl}_3$  в исходном  $\text{TiCl}_4$  составляет 2,5 %. Производительность по очищенному  $\text{TiCl}_4$  – 90 кг/час.

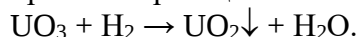
11. Разработать конструкцию и рассчитать выпарной аппарат для получения уранилнитрата

$\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  с концентрацией 200 г/л из  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  с концентрацией 50 г/л. Производительность по конечному продукту 250 кг/час.

12. Разработать конструкцию и рассчитать прокалочную печь для получения  $\text{U}_3\text{O}_8$  из пероксида урана  $\text{UO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Производительность по  $\text{U}_3\text{O}_8$  – 215 кг/час. Температура прокалики 800-900 °С. При прокалке протекает реакция:

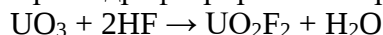


13. Разработать конструкцию и рассчитать прокалочную печь для получения  $\text{UO}_2$  из  $\text{UO}_3$ . Производительность по  $\text{UO}_2$  – 80 кг/час. Температура прокалики 500-550 °С. При прокалке протекает реакция:



14. Разработать конструкцию и рассчитать выпарной аппарат для получения насыщенного раствора фторида аммония с концентрацией 550 г/л из  $\text{NH}_4\text{F}$  с концентрацией 50 г/л. Производительность по конечному продукту 700 кг/час.

15. Разработать конструкцию и рассчитать печь для гидрофторирования  $\text{UO}_3$  безводным фтороводородом  $\text{HF}$ . Производительность по  $\text{UO}_3$  – 120 кг/час. Температура синтеза 200 °С. При гидрофторировании протекает реакция:



16. Разработать конструкцию и рассчитать реактор с мешалкой (агитатор) для осаждения диураната аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$  из уранилнитрата  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$  20 %-ным водным раствором  $\text{NH}_3$  ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Производительность по  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$  – 180 кг/час. При осаждении протекает реакция:



## 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.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

#### Основная литература

1. Касаткин, Андрей Георгиевич. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник для вузов / А. Г. Касаткин. — 15-е изд., стер. — Москва : Альянс, 2009. — 750 с.: ил. — Текст : непосредственный.
2. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского. — 5-е изд., стер. — Москва: Альянс, 2010. — 493 с.: ил., черт. — Текст: непосредственный.

#### Дополнительная литература:

1. Игнатович, Экхард. Химическая техника. Процессы и аппараты : пер. с нем. / Э. Игнатович. — Москва: Техносфера, 2007. — 656 с.: ил. — Текст : непосредственный.

2. Лашинский, Александр Александрович. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры : справочник / А. А. Лашинский, А. Р. Толчинский. — 3-е изд., стер. — Москва : Альянс, 2008. — 752 с.: ил. — Текст: непосредственный.
3. Бочкарев, Валерий Владимирович. Графическая часть курсовых и дипломных проектов : учебно-методическое пособие / В. В. Бочкарев, А. А. Ляпков; Томский политехнический университет; Институт дистанционного образования. — Томск : Изд-во ТПУ, 2006. — 99 с.: ил. — Текст: непосредственный.
4. Лабораторный практикум по курсу "Процессы и аппараты". В 2 частях. Ч. 1: Гидромеханические и тепловые процесс / Г. И. Николаев, В. Г. Блекус, Г. Ж. Ухеев [и др.]; - Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2000. — 141 с. - Текст : электронный // Единое окно : информационная система. — URL: <http://window.edu.ru/resource/397/18397> (дата обращения: 11.05.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Лабораторный практикум по курсу "Процессы и аппараты". В 2 частях. Ч. 2: Массообменные процессы / Г. И. Николаев, В. Г. Блекус, Г. Ж. Ухеев [и др.]; - Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2001. — 61 с. - Текст : электронный // Единое окно : информационная система. — URL: <http://window.edu.ru/resource/401/18401> (дата обращения: 11.05.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## 6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. <http://window.edu.ru/resource/397/18397>
2. <http://techlibrary.ru/>
3. <http://window.edu.ru/resource/401/18401>
4. <http://window.edu.ru/catalog/>

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

7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; Cisco Webex Meetings; Far Manager; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; WinDjView; 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 (лекционная)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2<br>332 | Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Комплект учебной мебели на 120 посадочных мест;<br><br>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех                                                                                                                                                                             | Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест;<br>Шкаф вытяжной - 1шт.; Шкаф для документов - 2шт.;                            |

|    |                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | аттестации (учебная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 322А                                                                                                                               | Стол письменный - 1 шт.;<br>тумбочка-1 шт.;<br>Рулонный экран - 1 шт.<br><br>Компьютер - 1 шт; .<br><br>Цифровой стереоскопический микроскоп Альтами ПС 2/4 - 1 шт.;<br>Центрифуга ОПН 8 1990г - 1 шт.;<br>Технологическая лаборатория - 1 шт.;<br>Весы ВЛТ-510-П - 1 шт.;<br>Весы AND HL-400 - 2 шт;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2 326 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.;<br>Шкаф для хранения реактивов - 3 шт.;<br>Шкаф для документов - 1 шт.;<br>Тумба стационарная - 1 шт.;<br>Стол лабораторный - 2 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 20 посадочных мест;<br><br>Компьютер - 2 шт.;<br>Телевизор - 1 шт.<br><br>Весы электрон.SCOUT SC 2020 - 1 шт.;<br>Баня БКЛ-М лабораторная комбинированная - 1 шт.;<br>Блок питания Б5-71 - 1 шт.;<br>Весы лабораторные технич.ЛВ 210-А - 1 шт.;<br>Устройство для сушки хим. посуды ПЭ-2000 - 1 шт.;<br>рН-метр /иономер ИТАН - 1 шт.;<br>Пипетка одноканальная 100-1000мкл Лайт - 1 шт.;<br>Шкаф сушильный SNOL 58/350 - 1 шт.;<br>Пипетка одноканальная 100-1000мкл - 1 шт.;<br>Лабораторные весы CE 1502-С - 1 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 |  | А.С. Кантаев |

Программа одобрена на заседании кафедры ХТРЭ  
(протокол № 28 от 25.06202 0г).

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<br>ОЯТЦ<br>ИЯТШ<br>(протокол) |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 2021/2022<br>уч.год | Внесены изменения в п.6 Учебно-методическое и<br>информационноеобеспечение дисциплины | <u>Протокол №43-Д</u><br><u>от31.08.2021</u>         |
|                     |                                                                                       |                                                      |
|                     |                                                                                       |                                                      |