

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.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020г.

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

| <b>Химические реакторы</b>                           |                                                                         |         |   |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------|---|
| Направление подготовки/специальность                 | <b>18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики</b> |         |   |
| Образовательная программа (направленность (профиль)) | <b>Химическая технология материалов современной энергетики</b>          |         |   |
| Специализация                                        | <b>Химическая технология материалов ядерного топливного цикла</b>       |         |   |
| Уровень образования                                  | высшее образование – специалитет                                        |         |   |
| Курс                                                 | 3                                                                       | семестр | 6 |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)          | 3                                                                       |         |   |
| Виды учебной деятельности                            | Временной ресурс                                                        |         |   |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                    | Лекции                                                                  | 24      |   |
|                                                      | Практические занятия                                                    | 8       |   |
|                                                      | Лабораторные занятия                                                    | –       |   |
|                                                      | ВСЕГО                                                                   | 32      |   |
| Самостоятельная работа, ч                            |                                                                         | 76      |   |
| ИТОГО, ч                                             |                                                                         | 108     |   |

|                              |              |                              |                  |
|------------------------------|--------------|------------------------------|------------------|
| Вид промежуточной аттестации | <b>Зачет</b> | Обеспечивающее подразделение | <b>ОЯТЦ ИЯТШ</b> |
| Руководитель Отделения ЯТЦ   |              |                              | Горюнов А.Г.     |
| Руководитель ООП             |              |                              | Леонова Л.А.     |
| Преподаватель                |              |                              | Кантаев А.С.     |

## 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                                                                                                                                                                                                                      | Составляющие результатов обучения |                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                                                               | Код                               | Наименование                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 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 | ПК(У)-2.В2                        | Владеет опытом расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, выбора химического реактора под производственную задачу                                                                                                                |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                               | ПК(У)-2.У2                        | Умеет произвести выбор типа реактора и произвести расчет технологических параметров для заданного процесса, определить параметры наилучшей организации процесса в химическом реакторе                                                                                              |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                               | ПК(У)-2.                          | Знает основы теории процесса в химическом реакторе, методологию исследования взаимодействия процессов химических превращений и явлений переноса на всех масштабных уровнях, методику выбора реактора и расчета процесса в нем, основные реакционные реакторы химической технологии |

## 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:

| Код  | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                        | Компетенция |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
|      | Наименование                                                                                                                                                         |             |
| РД-1 | Обладать системой навыков расчета реакторов необходимых в дальнейшем при изучении специальных дисциплин и обладать умением, анализировать модели идеальных реакторов | ПК(У)-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. |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1. Введение. Основные определения и положения</b>                | <b>РД-1</b> Обладать системой навыков расчета реакторов необходимых в дальнейшем при изучении специальных дисциплин и обладать умением, анализировать модели идеальных реакторов | Лекции                    | <b>2</b>          |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Практические занятия      | <b>2</b>          |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Лабораторные занятия      |                   |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Самостоятельная работа    | <b>14</b>         |
| <b>Раздел 2. Классификация химических реакторов по различным признакам</b> | <b>РД-1</b> Обладать системой навыков расчета реакторов необходимых в дальнейшем при изучении специальных дисциплин и обладать умением, анализировать модели идеальных реакторов | Лекции                    | <b>2</b>          |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Практические занятия      | <b>2</b>          |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Лабораторные занятия      |                   |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Самостоятельная работа    | <b>14</b>         |
| <b>Раздел 3. Основные типы конструкций химических реакторов</b>            | <b>РД-1</b> Обладать системой навыков расчета реакторов необходимых в дальнейшем при изучении специальных дисциплин и обладать умением, анализировать модели идеальных реакторов | Лекции                    | <b>2</b>          |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Практические занятия      |                   |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Лабораторные занятия      |                   |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Самостоятельная работа    | <b>6</b>          |
| <b>Раздел 4. Математические модели химических реакторов</b>                | <b>РД-1</b> Обладать системой навыков расчета реакторов необходимых в дальнейшем при изучении специальных дисциплин и обладать умением, анализировать модели идеальных реакторов | Лекции                    | <b>2</b>          |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Практические занятия      | <b>2</b>          |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Лабораторные занятия      |                   |
|                                                                            |                                                                                                                                                                                  | Самостоятельная работа    | <b>8</b>          |
| <b>Раздел 5. Роль</b>                                                      | <b>РД-1</b> Обладать системой навыков                                                                                                                                            | Лекции                    | <b>2</b>          |

|                                                                         |                                                                                                                                                                                  |                        |           |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|
| <b>структуры потоков в осуществлении процесса в химическом реакторе</b> | расчета реакторов необходимых в дальнейшем при изучении специальных дисциплин и обладать умением, анализировать модели идеальных реакторов                                       | Практические занятия   |           |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Лабораторные занятия   |           |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Самостоятельная работа | <b>8</b>  |
| <b>Раздел 6. Идеальные модели химических реакторов</b>                  | <b>РД-1</b> Обладать системой навыков расчета реакторов необходимых в дальнейшем при изучении специальных дисциплин и обладать умением, анализировать модели идеальных реакторов | Лекции                 | <b>4</b>  |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Практические занятия   |           |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Лабораторные занятия   |           |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Самостоятельная работа | <b>8</b>  |
| <b>Раздел 7. Идеальные модели химических реакторов</b>                  | <b>РД-1</b> Обладать системой навыков расчета реакторов необходимых в дальнейшем при изучении специальных дисциплин и обладать умением, анализировать модели                     | Лекции                 | <b>4</b>  |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Практические занятия   | <b>2</b>  |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Лабораторные занятия   |           |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Самостоятельная работа | <b>8</b>  |
| <b>Раздел 8. Сравнение реакторов различного типа</b>                    | <b>РД-1</b> Обладать системой навыков расчета реакторов необходимых в дальнейшем при изучении специальных дисциплин и обладать умением, анализировать модели                     | Лекции                 | <b>6</b>  |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Практические занятия   |           |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Лабораторные занятия   |           |
|                                                                         |                                                                                                                                                                                  | Самостоятельная работа | <b>10</b> |

### **Содержание разделов дисциплины:**

#### **Раздел 1. Введение. Основные определения и положения.**

*Основные определения и положения. Структурные элементы химического реактора. Требования к химическим реакторам.*

##### **Тема лекции:**

1. Химические реакторы, основные понятия и определения.

##### **Темы практических занятий:**

1. Термодинамические и кинетические основы химического процесса

#### **Раздел 2. Классификация химических реакторов по различным признакам.**

##### **Тема лекции:**

1. Классификация химических реакторов по различным признакам.

##### **Темы практических занятий:**

1. Материальный и тепловой балансы химического процесса.

#### **Раздел 3. Основные типы конструкций химических реакторов.**

##### **Тема лекции:**

1. Типовые конструкционные особенности реакторов для организации химического процесса

#### **Раздел 4. Математические модели химических реакторов.**

*Математические модели химических реакторов. Основные закономерности, лежащие в основе моделей реакторов. Методика создания моделей.*

##### **Тема лекции:**

1. Моделирование в химической технологии, предпосылки создания моделей химико-технологических процессов. Понятие степени реагирования, выхода и избирательности.

##### **Темы практических занятий:**

1. Степень реагирования, выход и избирательность в химическом процессе.

#### **Раздел 5. Роль структуры потоков в осуществлении процесса в химическом реакторе.**

*Роль структуры потоков в осуществлении процесса в химическом реакторе. Описание структуры потоков. Кривые отклика.*

##### **Тема лекции:**

1. Структура потока в химическом реакторе, эксперимент по получению кривых отклика.

#### **Раздел 6. Идеальные модели химических реакторов.**

*Материальный баланс (характеристическое уравнение). Особенности режимов работы. Области использования. Расчет параметров реактора.*

##### **Тема лекции:**

1. Периодический реактор идеального смешения (РИС-П).
2. Реактор идеального смешения непрерывного действия (РИС-Н).

#### **Раздел 7. Идеальные модели химических реакторов.**

*Материальный баланс. Распределение параметров по объему. Кривые отклика. Расчет параметров реактора.*

##### **Тема лекции:**

1. Реактор идеального вытеснения непрерывного действия (РИВ).
2. Характеристические уравнения реакторов, материальный и тепловой баланс, сравнение эффективности моделей идеальных реакторов.

##### **Темы практических занятий:**

1. Время пребывания, распределение времени пребывания, перемешивание в химических реакторах.

#### **Раздел 8. Сравнение реакторов различного типа**

*Химические реакторы со структурой потоков, отличной от идеальных. Ячеечная и диффузионные модели реакторов и области их применения. Неизотермические процессы в реакторах. Количество и устойчивость стационарных режимов в РИС в реакторе с внешним теплообменом. Типовые конструкции промышленных химических реакторов.*

##### **Тема лекции:**

1. Сравнение параметров РИВ и РИС-Н при работе в идентичных режимах.
2. Тепловые балансы РИВ и РИС. Распределение температур в РИВ и РИС.

### 3. Связь температуры и степени реагирования в реакторах обоих типов.

## 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 оценивающим мероприятиям.
- Выполнение индивидуального домашнего задания.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

#### Основная литература:

1. Швалев Ю.Б. Химические реакторы: учебное пособие / Ю. Б. Швалев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт дистанционного образования (ИДО). – Томск: Изд-во ТПУ, 2013. – 140 с.: ил. – Текст: непосредственный. – **46 экз.**
2. Смирнов, Николай Николаевич. Химические реакторы в примерах и задачах: учебное пособие / Н. Н. Смирнов, А. И. Волжинский, В. А. Плесовских. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Химия, 1994. – 276 с.: ил. – Текст: непосредственный. – **5 экз.**

#### Дополнительная литература:

1. Бесков, Владимир Сергеевич. Общая химическая технология и основы промышленной экологии : учебник / В. С. Бесков, В. С. Сафронов. — Москва: Химия, 1999. — 470 с. — Текст: непосредственный. – **10 экз. заменила**
2. Леонтьева, Альбина Ивановна. Оборудование химических производств : учебник для вузов / А. И. Леонтьева. — Москва: Химия, 2008. — 479 с.: ил.— Текст: непосредственный. – **3 экз.**

### 6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Попов Ю.В., Корчагина Т.К., Лобасенко В.С., Химические реакторы (теория химических процессов и расчет реакторов), Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2015  
[https://litmy.ru/knigi/nauka\\_ucheba/419701-himicheskie-reaktory-teorija-himicheskikh-processov-i-raschet-reaktorov.html](https://litmy.ru/knigi/nauka_ucheba/419701-himicheskie-reaktory-teorija-himicheskikh-processov-i-raschet-reaktorov.html).
2. Жилин Ю.Н., Зарубина А.Н., Олиференко Г.Л., Иванкин А.Н., Инженерная химия. Химические реакторы: Учебное пособие для студентов всех форм обучения. – М.: ФГБОУ ВО МГУЛ, 2016. – 140 с.  
[https://mf.bmstu.ru/UserFiles/File/7\\_IVANKIN/HIM\\_REAKTORI\\_Zhil-Zar-Ol-Iv2016.pdf](https://mf.bmstu.ru/UserFiles/File/7_IVANKIN/HIM_REAKTORI_Zhil-Zar-Ol-Iv2016.pdf)
3. Бесков В.С., Сафронов В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии, Учебник для вузов. – М.: Химия, 1999. – 472 с.  
[https://www.studmed.ru/beskov-v-s-safronov-v-s-obschaya-himicheskaya-tehnologiya-i-osnovy-promyshlennoy-ekologii\\_dff54b5627e.html](https://www.studmed.ru/beskov-v-s-safronov-v-s-obschaya-himicheskaya-tehnologiya-i-osnovy-promyshlennoy-ekologii_dff54b5627e.html)

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

- Антивирус ESET NOD32 Antivirus Business Edition (NBE-RN-2-500);
- Microsoft Office Standard 2016;
- Microsoft Windows 8 Enterprise Academic Edition;
- Acrobat Professional DC 2015 Academic Edition License Russian Multiple Platforms.

#### **7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

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

| № п/п | Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы | Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор) |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                                                                                                                                                                | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4                                                                                                                                                                                                                                                              |
|       | Химические реакторы                                                                                                                                              | <p>Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p> <p>Доска аудиторная настенная - 2 шт.; Тумба подкатная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 48 посадочных мест;</p> <p>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.</p> <p>Acrobat Reader DC and Runtime Software Distribution Agreement; Visual C++ Redistributable Package; MathType 6.9 Lite; GNU Lesser General Public License 3; GNU General Public License 2 with the Classpath Exception; GNU General Public License 2; Far Manager; Chrome</p> | 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2340                                                                                                                                                                                                    |

|  |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                              |
|--|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
|  |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                              |
|  | Химические реакторы | <p>Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)</p> <p>Компьютер - 1 шт.</p> <p>Цифровой стереоскопический микроскоп Альтами ПС 2/4 - 1 шт.;Центрифуга ОПН 8 1990г - 1 шт.;Технологическая лаборатория - 1 шт.;Ультразвуковая ванна "Sonorex" - 1 шт.;</p> | 634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2322А |

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 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность   | Подпись | ФИО          |
|-------------|---------|--------------|
| Доцент ОЯТЦ |         | А.С. Кантаев |

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения Ядерно-топливного цикла (протокол от 28. 06. 2019 г. № 16 ).

Руководитель выпускающего отделения ЯТЦ  
д.т.н, профессор

\_\_\_\_\_/А.Г. Горюнов/  
подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год       | Содержание /изменение                                                               | Обсуждено на заседании подразделения (протокол) |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 2020/2021 уч. год | Внесены изменения в п.6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины | <u>Протокол №28-д от 25.06.2020</u>             |
| 2021/2022 уч.год  | Внесены изменения в п.6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины | <u>Протокол №43-д от 31.08.2021</u>             |
|                   |                                                                                     |                                                 |