

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Нижегородский государственный технический университет**  
**им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ)**

**Дзержинский политехнический институт (филиал)**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

\_\_\_\_\_ А.М.Петровский

“\_05\_” \_\_\_\_\_ мая \_\_\_\_\_ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Б1.В.ОД.2 Разработка промышленных реакторов органического синтеза**  
**и нефтепереработки**  
(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)  
для подготовки бакалавров

Направление подготовки: 18.03.01 Химическая технология

Направленность: Химическая технология органических веществ

Форма обучения: очная, заочная

Год начала подготовки 2022

Выпускающая кафедра      Химические и пищевые технологии

Кафедра-разработчик      Химические и пищевые технологии

Объем дисциплины            108/3  
    часов/з.е

Промежуточная аттестация    зачет с оценкой

Разработчик: к.х.н. С.В. Орехов

Дзержинск  
2022

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07 августа 2020 года № 922 на основании учебного плана, принятого УС ДПИ НГТУ

протокол от 28.04.2022 № 8

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика РПД Химические и пищевые технологии  
протокол от 05.05.2022 № 10

Зав. кафедрой д.х.н, профессор \_\_\_\_\_ О.А. Казанцев  
(подпись)

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой Химические и пищевые технологии  
д.х.н, профессор \_\_\_\_\_ О.А. Казанцев  
(подпись)

Начальник ОУМБО \_\_\_\_\_ И.В. Старикова  
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в ОУМБО: № 18.03.01- 32

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |    |
|--|----|
| 1. Цели и задачи освоения дисциплины .....   | 4  |
| 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....   | 4  |
| 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) .....                           | 5  |
| 4. Структура и содержание дисциплины.....  | 8  |
| 5. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....                     | 17 |
| 6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....   | 21 |
| 7. Информационное обеспечение дисциплины.....  | 21 |
| 8. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....  | 23 |
| 9. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине..... | 23 |
| 10. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....  | 24 |
| 11. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....   | 26 |

## **1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1 Цель освоения дисциплины:**

Целью освоения дисциплины является изучение кинетических закономерностей протекания реакций в реакционном оборудовании, конструктивных особенностей реакционного оборудования химической технологии.

### **1.2 Задачи освоения дисциплины (модуля):**

- применение кинетических закономерностей, законов сохранения массы и энергии при расчетах и проектировании процессов химической технологии;
- знание реакционного оборудования химических технологий.

## **2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Учебная дисциплина «Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки» включена в перечень дисциплин вариативной части (формируемой участниками образовательных отношений), определяющий направленность ОП. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: физика, математика, общая и неорганическая химия, органическая химия, техническая термодинамика и теплотехника, углеводородная сырьевая база для промышленной переработки.

Дисциплина «Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки является» основополагающей для изучения следующих дисциплин: проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки.

Рабочая программа дисциплины «Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки является» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся, по их личному заявлению.

### 3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1- Формирование компетенций дисциплинами

| Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно                         | Семестры, формирования компетенций дисциплинами. |   |   |   |   |   |   |   |
|---|--|---|---|---|---|---|---|---|
|   | 1  | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Код компетенции<br><b>ПК 3.</b>   |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Организация, планирование и управление производством                              |  |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки</b> |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Углеводородная сырьевая база для промышленной переработки                         |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Теория химико-технологических процессов органического синтеза и нефтепереработки  |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Химия и технология основного органического синтеза                                |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки              |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Теоретические основы катализа органических реакций                                |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Научные основы и технологии «зеленой химии»                                       |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Технологическое оборудование химических и нефтехимических предприятий             |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Технологии производства и переработки полимеров                                   |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Технология получения виниловых мономеров  |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Технологии связанного азота   |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Ознакомительная практика  |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Технологическая (проектно-технологическая) практика                               |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Преддипломная практика  |  |   |   |   |   |   |   |   |
| Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР  |  |   |   |   |   |   |   |   |

| Код компетенции<br><b>ПК 4.</b>   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Разработка процессов разделения в химической технологии                           |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Проектирование оборудования органического синтеза и нефтепереработки              |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Моделирование химико-технологических процессов                                    |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Технологическая (проектно-технологическая) практика                               |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Научно-исследовательская работа   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Преддипломная практика  |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Подготовка к процедуре защиты и защита ВКР  |   |   |   |   |   |   |   |   |

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2- Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |   |  | Оценочные средства  |  |
|--|--|--|---|--|---|--|
|  |  |  |   |  | Текущего контроля   | Промежуточной аттестации                               |
| ПК-3. Способен осуществлять технологическое и организационно-управленческое сопровождение полного цикла производства органических веществ                            | ИПК-3-2. Изменяет технологический режим объектов по результатам лабораторных анализов и анализа моделей. | <b>Знать:</b> методику выбора реактора и расчета процесса в нем  | <b>Уметь:</b> определить параметры наилучшей организации процесса химическом реакторе                             | <b>Владеть:</b> методами анализа процессов в химических реакторах  | Тестирование в системе MOODLE. (1 тест), выполнение заданий для самостоятельной работы, выполнение контрольных заданий. | Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов) |
| ПК-4. Способен проектировать технологические циклы производства и работать с научно-технической документацией в области технологии производства органических веществ | ИПК-4-1. Разрабатывает техническую документацию технологических процессов                                | <b>Знать:</b> основные реакционные процессы и реакторы химической и нефтехимической технологии, основы теории процесса в химическом реакторе | <b>Уметь:</b> произвести выбор типа реактора и выполнить расчет технологических параметров для заданного процесса | <b>Владеть:</b> методами расчета процессов в химических реакторах, определения технологических показателей, методами выбора химических реакторов | Тестирование в системе MOODLE. (1 тест), выполнение заданий для самостоятельной работы, выполнение контрольных заданий. | Вопросы для устного собеседования: билеты (20 билетов) |

## 4 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед./108 часов, распределение часов по видам работ семестрам представлено в табл. 3 и 4.

Формат изучения дисциплины: с использованием элементов электронного обучения.

Таблица 3 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для очной формы обучения

| Вид учебной работы   | Всего часов | Семестр |
|--|-------------|---------|
|  |             | 6       |
| <b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем</b><br>(по видам учебных занятий) (всего), в том числе:   | 55          | 55      |
| <b>1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>   | 51          | 51      |
| - лекции (Л)   | 17          | 17      |
| - лабораторные работы (ЛР)   | -           | -       |
| - практические занятия (ПЗ)  | 34          | 34      |
| - практикумы (П)   | -           | -       |
| <b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:</b>  | 4           | 4       |
| - групповые консультации по дисциплине   | 4           | 4       |
| - групповые консультации по промежуточной аттестации (зачет с оценкой)   | -           | -       |
| - индивидуальная работа преподавателя с обучающимся:<br>- по проектированию: проект (работа)<br>- по выполнению РГР<br>- по выполнению КР<br>- по составлению реферата (доклада, эссе) | -           | -       |
| <b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>  | 53          | 53      |
| <b>Вид промежуточной аттестации зачет с оценкой</b>  |             |         |
| <b>Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>   | 108/3       | 108/3   |



Таблица 4 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам для заочной формы обучения

| <b>Вид учебной работы</b>   | <b>Всего часов</b> | <b>Курс 3</b> |
|---|--------------------|---------------|
| <b>1. Контактная работа обучающихся с преподавателем</b><br>(по видам учебных занятий) (всего), в том числе:  | 29                 | 29            |
| <b>1.1. Аудиторные занятия (всего), в том числе:</b>  | 24                 | 24            |
| - лекции (Л)  | 10                 | 10            |
| - лабораторные работы (ЛР)  | -                  | -             |
| - практические занятия (ПЗ)   | 14                 | 14            |
| - практикумы (П)  | -                  | -             |
| <b>1.2. Внеаудиторные занятия (всего), в том числе:</b>   | 5                  | 5             |
| - групповые консультации по дисциплине  | 4                  | 4             |
| - групповые консультации по промежуточной аттестации (зачет с оценкой)  |                    |               |
| - индивидуальная работа преподавателя с обучающимся:<br>- по проектированию: проект (работа)<br>- по выполнению РГР<br>- по выполнению КР<br>- по составлению реферата, доклада, эссе | 1                  | 1             |
| <b>2. Самостоятельная работа студента (СРС) (всего)</b>   | 75                 | 75            |
| <b>Вид промежуточной аттестации зачет с оценкой</b>   | 4                  | 4             |
| <b>Общая трудоемкость, часы/зачетные единицы</b>  | 108/3              | 108/3         |

## 4.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Содержание дисциплины, структурированное по темам, приведено в таблицах 5 и 6.

Таблица 5

### Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование тем  | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС                        | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах) | Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|--------------------------------|---|--|---|
|   |   | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа обучающихся (СРС). час   |                                |   |  |   |
|   |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                                |   |  |   |
| <b>7 семестр</b>  |   |                     |                          |                           |   |                                |   |  |   |
| ПК 3, ИПК-3-2, ПК-4, ИПК-4-1  | <b>Раздел 1</b> Технологические критерии эффективности протекания процессов в химическом реакторе. Химическая кинетика. |                     |                          |                           | Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. Подготовка к практическим занятиям. 6.1.1: С. 5-18, 6.1.2: 47-80, 6.1.4: 5-16, 21-47, 54-79. | Тестирование в системе MOODLE* |   |  | Конспект лекций   |
|   | <b>Тема 1.1</b> Технологические критерии эффективности протекания процессов в химическом реакторе                       | 1,5                 |                          |                           |   |                                |   |  |   |
|   | <b>Тема 1.2</b> Классификация химических реакций  | 2                   |                          |                           |   |                                |   |  |   |
|   | <b>Тема 1.3</b> Скорость химической реакции   | 2                   |                          |                           |   |                                |   |  |   |
|   | <b>Тема 1.4</b> Влияние различных параметров на скорость химической реакции   | 1,5                 |                          |                           |   |                                |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №1</b><br>Материальный баланс процесса. Расчет технологических критериев эффективности процесса |                     |                          | 4                         |   |                                |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №2</b><br>Вывод кинетических уравнений. Расчет скорости химических реакций                      |                     |                          | 4                         |   |                                |   |  |   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование тем   | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС   | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах) | Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|--|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|---|---|--|---|
|   |  | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час |   |   |  |   |
|   |  | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |   |   |  |   |
|   | Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:  |                     |                          |                           | 20  |   |   |  |   |
|   | контрольная работа   |                     |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | Итого по 1 разделу   | 7                   |                          | 8                         | 20  |   |   |  |   |
| ПК 3, ИПК-3-2, ПК-4, ИПК-4-1  | Раздел 2 Общая характеристика идеальных моделей реакторов. Химические реакторы с идеальной структурой потока |                     |                          |                           |   | Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. Подготовка к практическим занятиям. 6.1.1: С. 20-71, 6.1.2: 315-358, 6.1.3: 404-477, 6.1.4: 86-120, 160-182. | Тестирование в системе MOODLE*  | Конспект лекций  |   |
|   | Тема 2.1 Классификация химических реакторов. Моделирование химических реакторов                              | 2                   |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | Тема 2.2 Уравнение материального баланса химического реактора  | 1                   |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | Тема 2.3 Уравнение материального баланса РИС-Н. Вывод характеристического уравнения                          | 1                   |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | Тема 2.4 Уравнение материального баланса РИС-П. Вывод характеристического уравнения                          | 1                   |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | Тема 2.5 Уравнение материального баланса РИВ. Вывод характеристического уравнения                            | 1                   |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | Тема 2.6 Уравнение материального баланса КРИС-Н. Вывод характеристического уравнения                         | 1                   |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | Практическое занятие №3  |                     |                          | 4                         |   |   |   |  |   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование тем  | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС  | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах) | Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|--|---|--|---|
|   |   | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час   |  |   |  |   |
|   |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |  |   |  |   |
|   | Составление материального баланса химического реактора  |                     |                          |                           |   |  |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №4</b><br>Расчет реактора идеального смешения. Расчет реактора периодического действия. Расчет реактора идеального вытеснения. Расчет каскада реакторов идеального смешения |                     |                          | 12                        |   |  |   |  |   |
|   | <b>Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:</b>  |                     |                          |                           | 20  |  |   |  |   |
|   | <b>контрольная работа</b>   |                     |                          |                           |   |  |   |  |   |
|   | <b>Итого по 2 разделу</b>   | 7                   |                          | 16                        | 20  |  |   |  |   |
| ПК 3, ИПК-3-2, ПК-4, ИПК-4-1  | <b>Раздел 3</b> Детали реакторов. Теплоперенос в химических реакторах   |                     |                          |                           |   | Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. | Тестирование в системе MOODLE*  |  | Конспект лекций   |
|   | <b>Тема 3.1</b> Обечайки, крышки днища. Материалы химических реакторов  | 1                   |                          |                           |   |  |   |  |   |
|   | <b>Тема 3.2</b> Теплоперенос в химических реакторах. Энергетический баланс химического реактора   | 2                   |                          |                           | Подготовка к практическим занятиям.<br>6.1.3: С. 17-80, 165-212,<br>6.1.4: 126-153, 160-182 |  |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №5</b><br>Основные принципы расчета перемешивающих устройств  |                     |                          | 4                         |   |  |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №6</b><br>Составление энергетического баланса химического реактора  |                     |                          | 6                         |   |  |   |  |   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование тем                              | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах) | Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|---------|---|--|---|
|   |   | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа обучающихся (СРС). час |         |   |  |   |
|   |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |         |   |  |   |
|   | Самостоятельная работа по освоению 3 раздела: |                     |                          |                           | 13  |         |   |  |   |
|   | контрольная работа                            |                     |                          |                           |   |         |   |  |   |
|   | Итого по 3 разделу                            | 3                   |                          | 10                        | 13  |         |   |  |   |
|   | <b>ИТОГО ЗА СЕМЕСТР</b>                       | 17                  |                          | 34                        | 53  |         |   |  |   |
|   | <b>ИТОГО по дисциплине</b>                    | 17                  |                          | 34                        | 53  |         |   |  |   |

\*-тестирование в системе Moodle однократно по всем темам курса

Таблица 6

**Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов заочной формы обучения**

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование тем  | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС                             | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах) | Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|-------------------------------------|---|--|---|
|   |   | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа обучающихся (СРС). час |                                     |   |  |   |
|   |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |                                     |   |  |   |
| <b>3 курс</b>   |   |                     |                          |                           |   |                                     |   |  |   |
| ПК 3, ИПК-3-2, ПК-4, ИПК-4-1  | <b>Раздел 1</b> Технологические критерии эффективности протекания процессов в химическом реакторе. Химическая кинетика. |                     |                          |                           |   | Подготовка к лекциям, тестированию, | Тестирование в системе  |  | Конспект лекций   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: кодУК;ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование тем  | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС   | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах) | Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|---|---|--|---|
|   |   | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час |   |   |  |   |
|   |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |   |   |  |   |
|   | <b>Тема 1.1</b> Технологические критерии эффективности протекания процессов в химическом реакторе                       | 0,5                 |                          |                           |   | выполнение заданий для самостоятельной работы. Подготовка к практическим занятиям. 6.1.1: С. 5-18, 6.1.2: 47-80, 6.1.4: 5-16, 21-47, 54-79. | MOODLE**  |  |   |
|   | <b>Тема 1.2</b> Классификация химических реакций  | 0,5                 |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | <b>Тема 1.3</b> Скорость химической реакции   | 1                   |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | <b>Тема 1.4</b> Влияние различных параметров на скорость химической реакции   | 1                   |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №1</b><br>Материальный баланс процесса. Расчет технологических критериев эффективности процесса |                     |                          | 1,5                       |   |   |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №2</b><br>Вывод кинетических уравнений. Расчет скорости химических реакций                      |                     |                          | 1,5                       |   |   |   |  |   |
|   | <b>Самостоятельная работа по освоению 1 раздела:</b>  |                     |                          |                           | 20  |   |   |  |   |
|   | <b>контрольная работа*</b>  |                     |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | <b>Итого по 1 разделу</b>   | 3                   |                          | 3                         | 20  |   |   |  |   |
| ПК 3, ИПК-3-2, ПК-4, ИПК-4-1  | <b>Раздел 2</b> Общая характеристика идеальных моделей реакторов. Химические реакторы с идеальной структурой потока     |                     |                          |                           |   | Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. Подготовка к практическим занятиям.                      | Тестирование в системе MOODLE**   |  | Конспект лекций   |
|   | <b>Тема 2.1</b> Классификация химических реакторов. Моделирование химических реакторов                                  | 0,5                 |                          |                           |   |   |   |  |   |
|   | <b>Тема 2.2</b> Уравнение материального   | 0,5                 |                          |                           |   |   |   |  |   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование тем  | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС  | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах) | Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|--|---|--|---|
|   |   | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час |  |   |  |   |
|   |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |  |   |  |   |
|   | баланса химического реактора  |                     |                          |                           |   | 6.1.1: С. 20-71, 6.1.2: 315-358, 6.1.3: 404-477, 6.1.4: 86-120, 160-182. |   |  |   |
|   | <b>Тема 2.3</b> Уравнение материального баланса РИС-Н. Вывод характеристического уравнения  | 1                   |                          |                           |   |  |   |  |   |
|   | <b>Тема 2.4</b> Уравнение материального баланса РИС-П. Вывод характеристического уравнения  | 1                   |                          |                           |   |  |   |  |   |
|   | <b>Тема 2.5</b> Уравнение материального баланса РИВ. Вывод характеристического уравнения  | 1                   |                          |                           |   |  |   |  |   |
|   | <b>Тема 2.6</b> Уравнение материального баланса КРИС-Н. Вывод характеристического уравнения   | 1                   |                          |                           |   |  |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №3</b><br>Составление материального баланса химического реактора  |                     |                          | 2                         |   |  |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №4</b><br>Расчет реактора идеального смешения. Расчет реактора периодического действия. Расчет реактора идеального вытеснения. Расчет каскада реакторов идеального смешения |                     |                          | 5                         |   |  |   |  |   |
|   | <b>Самостоятельная работа по освоению 2 раздела:</b>  |                     |                          |                           | 28  |  |   |  |   |
|   | <b>контрольная работа*</b>  |                     |                          |                           |   |  |   |  |   |

| Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций | Наименование тем  | Виды учебной работы |                          |                           |   | Вид СРС  | Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий | Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах) | Наименование разработанного электронного курса (трудоемкость в часах) |
|---|---|---------------------|--------------------------|---------------------------|---|--|---|--|---|
|   |   | Контактная работа   |                          |                           | Самостоятельная работа обучающихся (СРС), час   |  |   |  |   |
|   |   | Лекции, час         | Лабораторные работы, час | Практические занятия, час |   |  |   |  |   |
|   | <b>Итого по 2 разделу</b>   | 5                   |                          | 7                         | 28  |  |   |  |   |
| ПК 3, ИПК-3-2, ПК-4, ИПК-4-1  | <b>Раздел 3 Детали реакторов. Теплоперенос в химических реакторах</b>                           |                     |                          |                           |   | Подготовка к лекциям, тестированию, выполнение заданий для самостоятельной работы. | Тестирование в системе MOODLE**   |  | Конспект лекций   |
|   | <b>Тема 3.1</b> Обечайки, крышки днища. Материалы химических реакторов                          | 1                   |                          |                           |   |  |   |  |   |
|   | <b>Тема 3.2</b> Теплоперенос в химических реакторах. Энергетический баланс химического реактора | 1                   |                          |                           | Подготовка к практическим занятиям. 6.1.3: С. 17-80, 165-212, 6.1.4: 126-153, 160-182 |  |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №5</b> Основные принципы расчета перемешивающих устройств               |                     |                          | 2                         |   |  |   |  |   |
|   | <b>Практическое занятие №6</b> Составление энергетического баланса химического реактора         |                     |                          | 2                         |   |  |   |  |   |
|   | <b>Самостоятельная работа по освоению 3 раздела:</b>  |                     |                          |                           |   |  |   |  |   |
|   | <b>контрольная работа*</b>  |                     |                          |                           |   |  |   |  |   |
|   | <b>Итого по 3 разделу</b>   | 2                   |                          | 4                         | 27  |  |   |  |   |
|   | <b>ИТОГО ЗА КУРС</b>  | 10                  |                          | 14                        | 75  |  |   |  |   |
|   | <b>ИТОГО по дисциплине</b>  | <b>10</b>           |                          | <b>14</b>                 | <b>75</b>   |  |   |  |   |

\*- выполняется одна работа из трех по указанию преподавателя

\*\*-тестирование в системе Moodle однократно по всем темам курса



## 5 ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

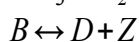
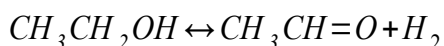
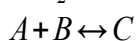
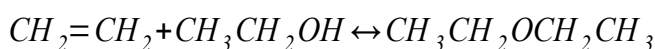
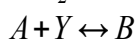
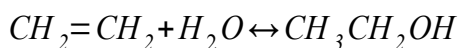
### 5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Тесты, проводимые на электронной платформе Moodle на сайте ДПИ НГТУ по адресу: <http://dpingtu.ru/Moodle>.

#### *Пример задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы обучения*

1. В реакторе идеального вытеснения при проведении реакции  $A \rightarrow R + S$  получена степень превращения  $X_A = 0.75$  при условии, что  $C_{A,0} = 1.2$  кмоль/м<sup>3</sup>, среднее время пребывания в реакторе  $t = 0.5$  ч. Определите, какая степень превращения будет достигнута в реакторе идеального смешения при тех же значениях  $C_{A,0}$  и  $t$ .

2. Составить материальный баланс процесса синтеза этанола прямой гидратацией этилена, протекающей в соответствии со следующей схемой последовательно-параллельных реакций, приводящих и к образованию побочных продуктов - диэтилового эфира и ацетальдегида:



если мольный поток целевого продукта- этанола – составляет 360 кмоль/ч, начальное мольное соотношение этилена и воды 1:0,8, степень превращения этилена 5,0 %, селективность процесса в этанол по этилену 92 %, выход диэтилового эфира равен 0,16 %.

3. Процесс описывается реакцией второго порядка типа  $2A \rightarrow R$  с константой скорости  $k = 2.5$  м<sup>3</sup>/(кмоль·ч). Скорость расходования вещества А описывается уравнением  $r_A = kC_A^2$ . Исходная концентрация вещества А составляет 2 кмоль/м<sup>3</sup>. Объемный расход вещества А – 3.6 м<sup>3</sup>/ч. Степень превращения по веществу А равна 0.8. Определите объем реактора идеального вытеснения, необходимый для достижения заданной степени превращения.

4. Составьте материальный и энергетический баланс реактора получения 1000 кг окиси этилена окислением этилена кислородом воздуха. Степень превращения этилена составляет 90 %, селективность в окись этилена 80 %. Побочным продуктом является CO<sub>2</sub>, образующийся при сгорании этилена. Начальное мольное соотношение кислород : этилен составляет 2:1. Принять, что объемная доля кислорода в воздухе составляет 20 %, остальное – азот. Процесс протекает в трубчатом реакторе, заполненном катализатором, при постоянной температуре 250 °С. Выделяющееся тепло отводится теплоносителем, циркулирующем в межтрубном пространстве реактора. Принять, что теплоемкость не зависит от температуры.

Данные по энтальпиям образования и теплоемкостям веществ представлены в таблице.

| Вещество       | $\Delta H_{f,298}^0$ , ккал/моль | $C_{P,298}^0$ кал/(моль·К) |
|----------------|----------------------------------|----------------------------|
| Кислород       | 0                                | 7,02                       |
| Углекислый газ | -94,052                          | 8,874                      |
| Вода           | -57,798                          | 8,023                      |
| Этилен         | 12,496                           | 10,41                      |
| Окись этилена  | -12,19                           | 11,50                      |
| Азот           | 0                                | 6,96                       |

**Пример задания для контрольной работы  
для обучающихся заочной формы обучения**

1. Напишите выражение для скорости расходования реагентов и скорости образования продуктов при протекании сложной реакции:

| Вариант<br>т | Реакции   |
|--------------|---|
| 1            | $2A \rightarrow D$ ( $k_1$ )<br>$D+B \leftrightarrow C+E$ ( $k_2$ и $k_{-2}$ )<br>$A \rightarrow E$ ( $k_3$ )   |
| 2            | $2A+B \rightarrow D$ ( $k_1$ )<br>$D+C \leftrightarrow E$ ( $k_2$ и $k_{-2}$ )                                  |
| 3            | $A \rightarrow 2D$ ( $k_1$ )<br>$D+2B \rightarrow C$ ( $k_2$ )<br>$A+B \leftrightarrow 3E$ ( $k_3$ и $k_{-3}$ ) |

2. Протекает сложная реакция. Найдите  $X_A$ ,  $\Phi_D^A$ ,  $\Phi_E^A$  и  $n_D$ .

| Вариант<br>т | Реакция  | Условия  |
|--------------|--|--|
| 1            | $A+2B \rightarrow D$<br>$D+B \rightarrow 3C$<br>$2A \rightarrow E$ | $n_{A,0} = 2$ моль/л<br>$n_A = 0,5$ моль/л<br>$n_C = 0,3$ моль/л<br>$n_E = 0,3$ моль/л |
| 2            | $A \rightarrow 2D$<br>$2D+B \rightarrow C$<br>$A \rightarrow E+2F$ | $n_{A,0} = 1$ моль/л<br>$n_A = 0,3$ моль/л<br>$n_C = 0,1$ моль/л<br>$n_E = 0,2$ моль/л |
| 3            | $A \rightarrow D$<br>$2A+B \rightarrow C$<br>$A \rightarrow 2E$    | $n_{A,0} = 1$ моль/л<br>$n_A = 0,2$ моль/л<br>$n_C = 0,2$ моль/л<br>$n_E = 0,2$ моль/л |

3. После нитрования толуола и отмывки полученной смеси жидкая реакционная масса содержит 10 % толуола (по массе), 65 % 2-нитротолуола и 25 % 2,4-динитротолуола. Определите конверсию толуола и селективность 2-нитротолуола и 2,4-динитротолуола по толуолу.

**Перечень вопросов к зачету с оценкой по дисциплине Б1.В.ОД.2 Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки**

1. Технологические критерии оценки эффективности протекания процесса в химическом реакторе.
2. Классификация химических реакций.
3. Химическая кинетика. Скорость химической реакции.
4. Влияние концентрации реагентов на скорость химической реакции.
5. Влияние температуры на скорость химической реакции.
6. Классификация химических реакторов.
7. Моделирование химических реакторов: понятие об элементарном объеме и элементарном промежутке времени, уравнение материального баланса химического реактора (в общем виде) и его анализ.
8. Общая характеристика идеальных моделей химических реакторов (допущения об идеальности, характер изменения параметров в зависимости от объема реактора и от времени).
9. Уравнение материального баланса РИС-Н. Вывод характеристического уравнения.
10. Уравнение материального баланса РИС-П. Вывод характеристического уравнения.
11. Уравнение материального баланса РИВ. Вывод характеристического уравнения.
12. КРИС-Н: характеристика, назначение. Уравнение материального баланса КРИС-Н.
13. Сравнение эффективности работы химических реакторов.
14. Статистические модели химических реакторов.
15. Детали реакторов. Обечайки, крышки и днища.
16. Материалы химических реакторов.
17. Теплоперенос в химических реакторах. Энергетический баланс химического реактора.

**5.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания**

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся очной формы и традиционная система контроля и оценки успеваемости обучающихся заочной формы. Основные требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине и шкала оценивания приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7

**Требования балльно-рейтинговой системы по дисциплине**

| Виды работ                                    | Количество подвидов работы | Максимальные баллы за подвид работы |    |    | Штрафные баллы<br>За нарушение сроков сдачи |
|---|----------------------------|-------------------------------------|----|----|---|
|   |                            | 1                                   | 2  | 3  |   |
| Тестирование                                  | 1                          | 20                                  |    |    |   |
| Выполнение контрольных работ                  | 3                          | 10                                  | 10 | 10 |   |
| Выполнений заданий для самостоятельной работы | 3                          | 11                                  | 11 | 11 | До 3 за задание                             |
| Посещение занятий                             | 17                         |                                     |    |    |   |

## Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Критерии оценивания результатов обучения   |   |  |   |
|--|--|--|---|--|---|
|  |  | Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено»<br>0-54%<br>от тах рейтинговой оценки контроля   | Оценка «удовлетворительно» / «зачтено»<br>55-70%<br>от тах рейтинговой оценки контроля  | Оценка «хорошо» / «зачтено»<br>71-85%<br>от тах рейтинговой оценки контроля  | Оценка «отлично» / «зачтено»<br>86-100%<br>от тах рейтинговой оценки контроля   |
| ПК-3. Способен осуществлять технологическое и организационно-управленческое сопровождение полного цикла производства органических веществ                            | ИПК-3-2. Изменяет технологический режим объектов по результатам лабораторных анализов и анализа моделей. | Изложение учебного материала бессистемное, неполное, не знает основ разработки промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки, не может использовать их в рамках поставленных целей и задач, что препятствует усвоению последующего материала | Фрагментарные, поверхностные знания по основам разработки промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки. Изложение полученных знаний неполное, однако это не препятствует усвоению последующего материала. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. Затруднения при формулировании основных положений и их применении | Знает материал на достаточно хорошем уровне; представляет основные задачи в рамках постановки целей и выбора оптимальных способов их достижения. | Имеет глубокие знания всего материала структуры дисциплины; освоил новации лекционного курса по сравнению с учебной литературой; изложение полученных знаний полное, системное; допускаются единичные ошибки, самостоятельно исправляемые при собеседовании |
| ПК-4. Способен проектировать технологические циклы производства и работать с научно-технической документацией в области технологии производства органических веществ | ИПК-4-1. Разрабатывает техническую документацию технологических процессов                                |  |   |  |   |

**Критерии оценивания**

| <b>Оценка</b>   | <b>Критерии оценивания</b>  |
|---|---|
| Высокий уровень «5»<br>(отлично) - зачтено                    | оценку « <b>отлично</b> » заслуживает обучающийся, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. |
| Средний уровень «4»<br>(хорошо) - зачтено                     | оценку « <b>хорошо</b> » заслуживает обучающийся, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.  |
| Пороговый уровень «3»<br>(удовлетворительно) - зачтено        | оценку « <b>удовлетворительно</b> » заслуживает обучающийся, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.        |
| Минимальный уровень «2»<br>(неудовлетворительно) – не зачтено | оценку « <b>неудовлетворительно</b> » заслуживает обучающийся, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.   |

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ****6.1. Учебная литература**

- 6.1.1 Ульянов В.М. Химические реакторы и печи: учебное пособие. Н.Новгород.: Нижегород. гос. техн. ун-т, 2006. 201 с.
- 6.1.2 Лебедев Н.Н., Манаков М.Н., Швец В.Ф. Теория химических процессов основного органического и нефтехимического синтеза. М.: Химия, 1984. 376 с.
- 6.1.3 Леонтьева А. И. Оборудование химических производств. М.: КолосС, 2008. 479 с.
- 6.1.4 Смирнов Н.Н. Химические реакторы в примерах и задачах: учебное пособие. Л.: Химия, 1986. 224 с.
- 6.1.5 Генкин А.Э. Оборудование химических заводов: учебное пособие. М.: Высшая школа, 1986. 280 с.

Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных ниже на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину (модуль).

**6.2. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям**

6.2.1 Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: [https://www.ntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/upravleniya/umu/docs/metod\\_docs\\_ngtu/metod\\_rekom\\_srs.PDF](https://www.ntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF)

**7 ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и

подлежит обновлению при необходимости).

### 7.1. Перечень информационных справочных систем

Дисциплина, относится к группе дисциплин, в рамках которых предполагается использование информационных технологий как вспомогательного инструмента.

Информационные технологии применяются в следующих направлениях: при подготовке и оформлении отчетов о практических заданиях, выполнении заданий для самостоятельной работы.

Таблица 10

#### Перечень электронных библиотечных систем

| № | Наименование ЭБС     | Ссылка к ЭБС  |
|---|----------------------|---|
| 1 | Консультант студента | <a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a> |
| 2 | Лань                 | <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>               |

### 7.2. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины

Таблица 11

#### Программное обеспечение

| № п/п | Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе            | Программное обеспечение свободного распространения  |
|-------|--|---|
| 1     | Microsoft Windows 10 (подписка MSDN 700593597, подписка DreamSparkPremium, 19.06.19) | Adobe Acrobat Reader<br><a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html</a> |
| 2     | Microsoft office 2010 (Лицензия № 49487295 от 19.12.2011)                            | OpenOffice <a href="https://www.openoffice.org/ru/">https://www.openoffice.org/ru/</a>  |
| 3     | Консультант Плюс   | PTC Mathcad Express<br><a href="https://www.mathcad.com/ru">https://www.mathcad.com/ru</a>  |

#### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 12 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ).

Таблица 12

#### Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

| № п/п | Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы | Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)  |
|-------|---|---|
| 1     | 2   | 3   |
| 1     | База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ                            | <a href="https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts">https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts</a>   |
| 2     | Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем     | <a href="https://cyberpedia.su/21x47c0.html">https://cyberpedia.su/21x47c0.html</a>   |
| 3     | Инструменты и веб-ресурсы для веб-разработки – 100+                         | <a href="https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus">https://techblog.sdstudio.top/blog/instrumenty-i-veb-resursy-dlia-veb-razrabotki-100-plus</a> |

|   |   |                          |
|---|---|--------------------------|
| 4 | Справочная правовая система «КонсультантПлюс» | доступ из локальной сети |
|---|---|--------------------------|

## 8 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 13 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 13

### Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

| №  | Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ | Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования |
|----|--|---|
| 1  | ЭБС «Консультант студента»   | озвучка книг и увеличение шрифта  |
| 2  | ЭБС «Лань»   | специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации  |
| 3* | ЭБС «Юрайт»  | версия для слабовидящих   |

Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 14 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДПИ НГТУ.

Таблица 14

### Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

| № | Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа |
|---|---|---|--|
| 1 | 2305 Аудитория для лекционных занятий Нижегородская обл., г.  | Комплект демонстрационного оборудования: ПК, с выходом на               |  |

| № | Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы   | Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы   | Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа   |
|---|---|---|--|
|   | Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49   | мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт.<br>Мультимедийный проектор Epson- 1 шт;<br>Экран – 1 шт.   |  |
| 2 | <b>1234</b><br>Научно-техническая библиотека ДПИ НГТУ, студенческий читальный зал; Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49                         | Комплект демонстрационного оборудования:<br>ПК, с выходом на мультимедийный проектор, на базе Intel Pentium G4560 3.5 ГГц, 4 Гб ОЗУ, монитор 20' – 1шт.<br>Мультимедийный проектор Epson- 1 шт;<br>Экран – 1 шт.;<br>Набор учебно-наглядных пособий | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 10 Домашняя (поставка с ПК)</li> <li>• LibreOffice 6.1.2.1. (свободное ПО)</li> <li>• Foxit Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО)</li> </ul>   |
| 3 | <b>1443а</b> компьютерный класс - помещение для СРС, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), Нижегородская обл., г. Дзержинск, ул. Гайдара, д. 49 | ПК на базе Intel Celeron 2.67 ГГц, 2 Гб ОЗУ, монитор Acer 17' – 4 шт.<br>ПК подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows 7 (подписка DreamSpark Premium)</li> <li>• Apache OpenOffice 4.1.8 (свободное ПО);</li> <li>• Mozilla Firefox (свободное ПО);</li> <li>• Adobe Acrobat Reader (свободное ПО);</li> <li>• 7-zip для Windows (свободное ПО);</li> <li>• КонсультантПлюс (ГПД № 0332100025418000079 от 21.12.2018);</li> </ul> |

## 10 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа: аудиторная, внеаудиторная, а также проводится в электронной информационно-образовательной среде университета (далее - ЭИОС).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- текущий контроль знаний в форме тестирования в среде MOODLE.

При преподавании дисциплины «Разработка промышленных реакторов органического синтеза и нефтепереработки», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность обучающихся при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы



самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса сопровождается компьютерными презентациями, в которых наглядно преподносятся материал различных разделов курса, что дает возможность обсудить материал с обучающимися во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала. Материалы лекций в виде слайдов находятся в свободном доступе на в системе MOODLE и могут быть получены до чтения лекций и проработаны обучающимися в ходе самостоятельной работы.

На лекциях, практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется лично-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет обучающимся проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием как встреч с обучающимися, так и современных информационных технологий (электронная почта).

Иницируется активность обучающихся, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы обучающегося, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости обучающихся в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с оценкой с учетом текущей успеваемости.

**Результат обучения считается сформированным на повышенном уровне**, если теоретическое содержание курса освоено полностью. При устных собеседованиях обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и логически излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты, проявляет самостоятельность при выполнении заданий.

**Результат обучения считается сформированным на пороговом уровне**, если теоретическое содержание курса в основном освоено. При устных собеседованиях обучающийся последовательно излагает учебный материал; при затруднениях способен после наводящих вопросов продолжить обсуждение, справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, обучающийся способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий

**Результат обучения считается несформированным**, если обучающийся при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже трех по оценочной системе, что соответствует допороговому уровню.

## 10.2. Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины (таблица 5 и 6). Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложные и важные положения изучаемого материала. Материалы лекций являются опорной основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

### **10.3. Методические указания по освоению дисциплины на занятиях семинарского типа**

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях.

Практические (семинарские) занятия обучающихся обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- получение умений и навыков составления докладов и сообщений, обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины;
- подведение итогов занятий по рейтинговой системе, согласно технологической карте дисциплины.

### **10.4. Методические указания по самостоятельной работе обучающихся**

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающихся к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающихся на занятиях и в качестве выполненных заданий для самостоятельной работы и других форм текущего контроля.

При выполнении заданий для самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

В процессе самостоятельной работы при изучении дисциплины обучающиеся могут работать на компьютере в специализированных аудиториях для самостоятельной работы (таблица 14). В аудиториях имеется доступ через информационно-телекоммуникационную сеть «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде университета (ЭИОС) и электронной библиотечной системе (ЭБС), где в электронном виде располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы при изучении дисциплины.

Для обучающихся по заочной форме обучения самостоятельная работа является основным видом учебной деятельности.

### **10.5. Методические указания для выполнения контрольной работы обучающимися заочной формы обучения**

При выполнении контрольной работы рекомендуется проработка материалов лекций по темам, а также изучение рекомендуемой литературы, представленной в Разделе 6.

Выполнение контрольной работы способствует лучшему освоению обучающимися учебного материала, формирует практический опыт и умения по изучаемой дисциплине.

## **11 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

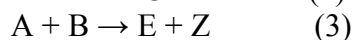
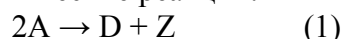
## 11.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

Для текущего контроля знаний обучающихся по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая

- проведение практических занятий;
- тестирование на сайте преподавателя по различным разделам курса
- проведение контрольных работ для обучающихся заочной формы;
- выполнение заданий для самостоятельной работы для обучающихся очной формы;

### 11.1.1. Типовые задания к практическим (семинарским) занятиям

1) В системе протекают три химические реакции:



Известно начальное количество реагента А ( $n_{A0}$ ); конечное количество реагента А ( $n_A$ ); начальное количество реагента В ( $n_{B0}$ ) количество образовавшихся продуктов С и Е ( $n_C$  и  $n_E$ ). Продукты до начала протекания реакции в системе отсутствовали.

Найти: степень превращения реагента А ( $X_A$ ); селективности образования продуктов С, D и Е по реагенту А ( $\Phi^A_C$ ,  $\Phi^A_D$  и  $\Phi^A_E$ ); количество образовавшегося продукта D ( $n_D$ ); конечное количество реагента В ( $n_B$ ).

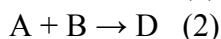
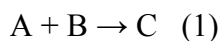
2) При каталитическом пиролизе этанола по реакции Лебедева образовалось 224 л бутадиена-1,3 и 44,8 л этилена при нормальных условиях ( $T = 273,15 \text{ K}$ ,  $P = 101325 \text{ Па}$ ). Рассчитайте селективность образования бутадиена-1,3 и этилена по этанолу и степень превращения этанола, если после завершения процесса реакционный газ содержит 23 г этанола.

3) Составить материальный и энергетический баланс реактора получения 1000 кг окиси этилена окислением этилена кислородом воздуха. Степень превращения этилена составляет 90 %, селективность в окись этилена 80 %. Побочным продуктом является  $\text{CO}_2$ , образующийся при сгорании этилена. Начальное мольное соотношение кислород : этилен составляет 1:1 ( $\beta = 1$ ). Принять, что объемная доля кислорода в воздухе составляет 20 %, остальное – азот. Процесс протекает в трубчатом реакторе, заполненном катализатором, при постоянной температуре 250 °С. Выделяющееся тепло отводится теплоносителем, циркулирующем в межтрубном пространстве реактора. Принять, что теплоемкость постоянна и не зависит от температуры.

Данные по энтальпиям образования и теплоемкостям веществ представлены в таблице.

| Вещество       | $\Delta H^0_{f298}$ , ккал/моль | $C^0_{P298}$ кал/(моль·К) |
|----------------|---------------------------------|---------------------------|
| Кислород       | 0                               | 7,02                      |
| Углекислый газ | -94,052                         | 8,874                     |
| Вода           | -57,798                         | 8,023                     |
| Этилен         | 12,496                          | 10,41                     |
| Окись этилена  | -12,19                          | 11,50                     |
| Азот           | 0                               | 6,96                      |

4) Протекает две параллельные реакции:



Реакции характеризуются следующими кинетическими уравнениями:

$$r_1 = k_1 C_A^{0,8} C_B^{0,5}; \quad r_2 = k_2 C_A^{1,5} C_B$$

. Начальная концентрация вещества А составляет

$C_{A0} = 2$  моль/л, начальное молярное соотношение реагентов  $\beta = \frac{C_{B0}}{C_{A0}} = 1$ , константы скоростей  $k_1 = 2, k_2 = 1$ . Процесс проводится до степени превращения реагента А  $X_A = 0,9$ . Сравните интегральную селективность образования целевого продукта С при проведении процесса в реакторе идеального смешения непрерывного действия и в реакторе идеального вытеснения.

### 11.1.2. Типовые тестовые задания

**Примеры тестовых заданий** по дисциплине (оценочные средства в полном объеме хранятся на кафедре «Химические и пищевые технологии»):

1 Реакции, для осуществления которых требуется преодоление лишь одного энергетического барьера, называют:

- Элементарными
- Мономолекулярными
- Необратимыми

2 Доля прореагировавшего исходного реагента относительно его начального количества – это:

- степень превращения
- селективность
- выход;

3 Дифференциальная селективность – это

- Отношение реально полученного количества продукта к максимально возможному
- Доля превращенного исходного реагента, израсходованного на образование продукта при бесконечно малом изменении состояния системы
- Доля полезно израсходованного реагента на образование продукта от общего количества израсходованного реагента

4 Производительность – это:

- Отношение реально полученного количества продукта к максимально возможному
- Количество продукта, полученного в единицу времени
- Количество продукта, полученного в единицу времени в единице объема реактора

5 Удельная производительность  $i$ -го продукта по реагенту А рассчитывается по формуле:

- $(n_{A0} - n_A)/n_{A0}$

- б)  $|v_i / v_A| F_{A0} X_A \Phi_i^A / V$
- в)  $(n_i - n_{i0}) / (n_{A0} X_A |v_i / v_A|)$
- г)  $(n_i - n_{i0}) / (n_{A0} X_A |v_i / v_A|)$

6 Протекает сложная реакция  $A+B \rightarrow C$ ,  $2A \rightarrow D$ . На выходе из реактора  $C_A = 1$  моль/л,  $C_B = 1,5$  моль/л,  $C_C = 0,7$  моль/л,  $C_D = 0,15$  моль/л. Селективность образования продукта D по реагенту A составляет:

- а) 17,6 %
- б) 15 %
- в) 30 %
- г) 50 %

7 Число элементарных химических актов, протекающих в единице объема за единицу времени – это:

- а) Кинетическое уравнение
- б) Скорость реакции
- в) Механизм реакции

8 Функциональная зависимость скорости химической реакции от концентраций компонентов реакционной смеси – это:

- а) Кинетическое уравнение
- б) Скорость реакции
- в) Механизм реакции

9 Сумма показателей степеней у концентраций реагентов в кинетическом уравнении – это:

- а) стехиометрический коэффициент
- б) частный порядок реакции
- в) общий порядок реакции

10 Для сложных реакций  $A+B \rightarrow C$  ( $k_1$ ),  $C \rightarrow D+Z$  ( $k_2$ ),  $C \rightarrow E+X$  ( $k_3$ ), уравнение скорости накопления продукта C будет иметь вид:

- а)  $dC_C/dt = k_1 C_A C_B + k_2 C_A + k_3 C_A$
- б)  $dC_C/dt = k_1 C_A C_B + k_2 C_C + k_3 C_C$
- в)  $dC_C/dt = k_1 C_A C_B - k_2 C_C - k_3 C_C$

11 Протекает сложная реакция  $A+B \rightarrow C$  ( $k_1$ ),  $A+B \rightarrow D$  ( $k_2$ ), характеризующаяся кинетическими уравнениями:  $r_1 = k_1 C_A^{0,8} C_B^{1,5}$ ,  $r_2 = k_2 C_A^{1,5} C_B^{0,3}$ , и энергиями активации  $E_1 = 45$  кДж/моль,  $E_2 = 65$  кДж/моль. Какие рекомендации можно дать по выбору технологического режима для получения максимальной селективности образования продукта C?

- а) Снизить температуру, увеличить концентрацию реагента A, снизить концентрацию реагента B
- б) Увеличить температуру, снизить концентрацию реагента A, увеличить концентрацию реагента B
- в) Увеличить температуру, увеличить концентрацию реагента A, снизить концентрацию реагента B
- г) Снизить температуру, снизить концентрацию реагента A, увеличить концентрацию реагента B

12 Уравнение материального баланса по веществу  $i$  в пределах элементарного объема  $\Delta V$  течение промежутка времени  $\Delta \tau$  будет иметь вид:

- а)  $n_{i \text{ ВХ}} = n_{i \text{ ВЫХ}}$
- б)  $n_{i \text{ ВХ}} + n_{i \text{ ВЫХ}} + n_{i \text{ ХР}} = n_{i \text{ НАК}}$
- в)  $n_{i \text{ ВХ}} - n_{i \text{ ВЫХ}} - n_{i \text{ ХР}} = n_{i \text{ НАК}}$

13 Реактор, в котором выделяющееся или поглощающееся тепло частично компенсируется за счет теплообмена с окружающей средой называется:

- а) Адиабатическим
- б) Изотермическим
- в) С промежуточным тепловым режимом

14 Реактор, в котором один из реагентов поступает в него непрерывно, а другой – периодически, называется:

- а) непрерывного действия
- б) полунепрерывного действия
- в) периодического действия

15 Безградиентные условия достигаются в реакторе:

- а) Идеального смешения непрерывного действия
- б) Идеального смешения периодического действия
- в) Идеального вытеснения

16 В реакторе идеального вытеснения концентрация исходных реагентов изменяется:

- а) по времени
- б) по длине аппарата
- в) сразу принимает конечное значение

17 Время пребывания в реакторе идеального смешения непрерывного действия для реакции первого порядка  $A \rightarrow B$ , протекающей без изменения объема реакционной массы, рассчитывается по формуле:

- а)  $(C_{A0} - C_A) / -r_A$
- б)  $C_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{-r_A}$
- в)  $(C_{A0} - C_A) / C_{A0}$
- г)  $|v_i / v_A| F_{A0} X_A \Phi_i^A / V$

18 В изотермическом реакторе протекает сложная реакция  $A+B \rightarrow C$  ( $k_1$ ),  $A+B \rightarrow D$  ( $k_2$ ) до степени превращения реагента А 90%, характеризующаяся кинетическими уравнениями:  $r_1 = k_1 C_A C_B^{1.5}$ ,  $r_2 = k_2 C_A^{1.5} C_B^{0.5}$ . Начальное мольное соотношение реагента А к В равно 0,5. В каком реакторе целесообразнее проводить процесс для увеличения выхода продукта С?

- а) Реактор идеального вытеснения
- б) Реактор идеального смешения непрерывного действия
- в) Каскад реакторов идеального смешения

19 Сплавы железа с углеродом, содержащие не более 2,14 % масс углерода называют:

- а) сталь
- б) чугун
- в) легированная сталь

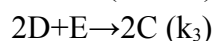
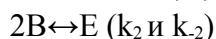
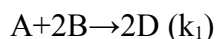
20 Для проведения химических процессов с серной кислотой нельзя применять:

- а) алюминий
- б) стекло
- в) медь

### 11.1.3. Типовые задания для контрольной работы обучающихся заочной формы Вариант 1

| 1 | Реакция  | Условия  | Найти   |
|---|--|--|---|
|   | $A+2B \rightarrow D$<br>$2A \rightarrow E$<br>$D \rightarrow 2C$ | $n_{A,0} = 1$ моль/л<br>$n_{B,0} = 3$ моль/л<br>$n_A = 0,2$ моль/л<br>$n_E = 0,2$ моль/л<br>$n_C = 0,1$ моль/л | $X_A$<br>$\Phi_D^A$<br>$\Phi_E^A$<br>$\Phi_C^A$<br>$n_D$<br>$n_B$ |

2. Написать выражение скоростей расщедования и образования всех компонентов, считая, что реакции элементарные.

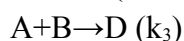
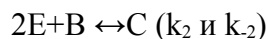
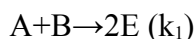


3. Протекает сложная реакция  $A+B \rightarrow C$ ,  $2A \rightarrow D$ . На выходе из реактора  $C_A = 1$  моль/л,  $C_B = 1,5$  моль/л,  $C_C = 0,7$  моль/л,  $C_D = 0,15$  моль/л. Найдите селективность образования продукта D по реагенту A.

### Вариант 2

| 1 | Реакция   | Условия  | Найти   |
|---|---|--|---|
|   | $A+2B \rightarrow 2D$<br>$A \rightarrow E$<br>$A+E \rightarrow C$ | $C_{A,0} = 2,5$ моль/л<br>$C_{B,0} = 4$ моль/л<br>$C_A = 0,1$ моль/л<br>$C_C = 0,4$ моль/л<br>$C_E = 0,3$ моль/л | $X_A$<br>$\Phi_D^A$<br>$\Phi_E^A$<br>$\Phi_C^A$<br>$C_D$<br>$C_B$ |

2. Написать выражение скоростей расщедования и образования всех компонентов, считая, что реакции элементарные.

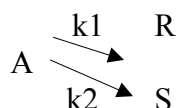


3. Протекает сложная реакция  $2A+B \rightarrow C$ ,  $A \rightarrow D$ . На выходе из реактора  $C_A = 1$  моль/л,  $C_B = 1,5$  моль/л,  $C_C = 0,4$  моль/л,  $C_D = 0,2$  моль/л. Найдите селективность образования продукта C по реагенту A.

### 11.1.4. Типовые задания для самостоятельной работы обучающихся очной формы

#### Задача 1

Процесс описывается параллельной реакцией типа



с константами скоростей  $k_1 = 0.25 \text{ мин}^{-1}$  и  $k_2 = 0.15 \text{ мин}^{-1}$ . Объемный расход вещества А с концентрацией 2 моль/л равен 100 л/мин. Объем реактора идеального вытеснения –  $0.5 \text{ м}^3$ . Определите степень превращения и интегральную селективность процесса по веществу S.

### Задача 2

Процесс описывается реакцией второго порядка типа  $2A \rightarrow R$  с константой скорости  $k = 2.5 \text{ м}^3/(\text{кмоль}\cdot\text{ч})$ . Скорость расходования вещества А описывается уравнением  $-r_A = kC_A^2$ . Исходная концентрация вещества А составляет 2 кмоль/м<sup>3</sup>. Объемный расход вещества А –  $3.6 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Степень превращения по веществу А равна 0.8. Определите объем реактора идеального вытеснения, необходимый для достижения заданной степени превращения.

### Задача 3

Определите объемы реакторов идеального вытеснения и идеального смешения непрерывного действия для проведения реакции второго порядка  $2A \xrightarrow{k} R + S$ , если  $k = 5 \text{ м}^3/(\text{кмоль}\cdot\text{ч})$ ,  $C_{A,0} = 2 \text{ кмоль}/\text{м}^3$ , объемный расход  $W = 12 \text{ м}^3/\text{ч}$ , необходимая степень превращения  $X_A = 0.75$ . Скорость расходования вещества А описывается уравнением  $-r_A = kC_A^2$

### Задача 4

Определить во сколько раз больше будет степень превращения в каскаде из двух реакторов идеального смешения по сравнению с одним реактором идеального смешения непрерывного действия. Начальные условия одинаковы. Реакция первого порядка и объем единичного реактора  $V$ , объемы реакторов в каскаде  $V_k = 0,5V$ .

## 11.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине – зачет с оценкой: по результатам накопительного рейтинга или в форме компьютерного тестирования для обучающихся очной формы и в форме компьютерного тестирования для обучающихся заочной формы.

### Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету с оценкой (ПК-3; ИПК-3.1):

1. Технологические критерии оценки эффективности протекания процесса в химическом реакторе.
2. Классификация химических реакций.
3. Химическая кинетика. Скорость химической реакции.
4. Влияние концентрации реагентов на скорость химической реакции.



5. Влияние температуры на скорость химической реакции.
6. Классификация химических реакторов.

**Перечень вопросов и заданий для подготовки к зачету с оценкой (ПК-4; ИПК-4.1):**

7. Моделирование химических реакторов: понятие об элементарном объеме и элементарном промежутке времени, уравнение материального баланса химического реактора (в общем виде) и его анализ.
8. Общая характеристика идеальных моделей химических реакторов (допущения об идеальности, характер изменения параметров в зависимости от объема реактора и от времени).
9. Уравнение материального баланса РИС-Н. Вывод характеристического уравнения.
10. Уравнение материального баланса РИС-П. Вывод характеристического уравнения.
11. Уравнение материального баланса РИВ. Вывод характеристического уравнения.
12. КРИС-Н: характеристика, назначение. Уравнение материального баланса КРИС-Н.
13. Сравнение эффективности работы химических реакторов.
14. Статистические модели химических реакторов.
15. Теплоперенос в химических реакторах. Энергетический баланс химического реактора.
16. Детали реакторов. Обечайки, крышки и днища.
17. Перемешивание.
18. Материалы химических реакторов.
19. Ремонт химических реакторов. Сетевое планирование и управление.

**Примерный тест для итогового тестирования:**

1 Реакции, для осуществления которых требуется преодоление лишь одного энергетического барьера, называют:

- а) Элементарными
- б) Мономолекулярными
- в) Необратимыми

2 Доля прореагировавшего исходного реагента относительно его начального количества – это:

- а) степень превращения
- б) селективность
- в) выход;

3 Дифференциальная селективность – это

- а) Отношение реально полученного количества продукта к максимально возможному
- б) Доля превращенного исходного реагента, израсходованного на образование продукта при бесконечно малом изменении состояния системы
- в) Доля полезно израсходованного реагента на образование продукта от общего количества израсходованного реагента

4 Производительность – это:

- а) Отношение реально полученного количества продукта к максимально возможному
- б) Количество продукта, полученного в единицу времени
- в) Количество продукта, полученного в единицу времени в единице объема реактора

5 Удельная производительность  $i$ -го продукта по реагенту А рассчитывается по формуле:

- а)  $(n_{A0} - n_A)/n_{A0}$
- б)  $|v_i / v_A| F_{A0} X_A \Phi_i^A / V$
- в)  $(n_i - n_{i0}) / (n_{A0} X_A |v_i / v_A|)$
- г)  $(n_i - n_{i0}) / (n_{A0} X_A |v_i / v_A|)$

6 Протекает сложная реакция  $A+B \rightarrow C$ ,  $2A \rightarrow D$ . На выходе из реактора  $C_A = 1$  моль/л,  $C_B = 1,5$  моль/л,  $C_C = 0,7$  моль/л,  $C_D = 0,15$  моль/л. Селективность образования продукта D по реагенту А составляет:

- а) 17,6 %
- б) 15 %
- в) 30 %
- г) 50 %

7 Число элементарных химических актов, протекающих в единице объема за единицу времени – это:

- а) Кинетическое уравнение
- б) Скорость реакции
- в) Механизм реакции

8 Функциональная зависимость скорости химической реакции от концентраций компонентов реакционной смеси – это:

- а) Кинетическое уравнение
- б) Скорость реакции
- в) Механизм реакции

9 Сумма показателей степеней у концентраций реагентов в кинетическом уравнении – это:

- а) стехиометрический коэффициент
- б) частный порядок реакции
- в) общий порядок реакции

10 Для сложных реакций  $A+B \rightarrow C$  ( $k_1$ ),  $C \rightarrow D+Z$  ( $k_2$ ),  $C \rightarrow E+X$  ( $k_3$ ), уравнение скорости накопления продукта С будет иметь вид:

- а)  $dC_C/dt = k_1 C_A C_B + k_2 C_A + k_3 C_A$
- б)  $dC_C/dt = k_1 C_A C_B + k_2 C_C + k_3 C_C$
- в)  $dC_C/dt = k_1 C_A C_B - k_2 C_C - k_3 C_C$

11 Протекает сложная реакция  $A+B \rightarrow C$  ( $k_1$ ),  $A+B \rightarrow D$  ( $k_2$ ), характеризующаяся кинетическими уравнениями:  $r_1 = k_1 C_A^{0,8} C_B^{1,5}$ ,  $r_2 = k_2 C_A^{1,5} C_B^{0,3}$ , и энергиями активации  $E_1 = 45$  кДж/моль,  $E_2 = 65$  кДж/моль. Какие рекомендации можно дать по выбору технологического режима для получения максимальной селективности образования продукта С?

- а) Снизить температуру, увеличить концентрацию реагента А, снизить концентрацию реагента В
- б) Увеличить температуру, снизить концентрацию реагента А, увеличить концентрацию реагента В
- в) Увеличить температуру, увеличить концентрацию реагента А, снизить концентрацию реагента В
- г) Снизить температуру, снизить концентрацию реагента А, увеличить концентрацию реагента В

12 Уравнение материального баланса по веществу  $i$  в пределах элементарного объема  $\Delta V$  течение промежутка времени  $\Delta t$  будет иметь вид:

- а)  $n_{i\text{ВХ}} = n_{i\text{ВЫХ}}$
- б)  $n_{i\text{ВХ}} + n_{i\text{ВЫХ}} + n_{i\text{ХР}} = n_{i\text{НАК}}$
- в)  $n_{i\text{ВХ}} - n_{i\text{ВЫХ}} - n_{i\text{ХР}} = n_{i\text{НАК}}$

13 Реактор, в котором выделяющееся или поглощающееся тепло частично компенсируется за счет теплообмена с окружающей средой называется:

- а) Адиабатическим
- б) Изотермическим
- в) С промежуточным тепловым режимом

14 Реактор, в котором один из реагентов поступает в него непрерывно, а другой – периодически, называется:

- а) непрерывного действия
- б) полунепрерывного действия
- в) периодического действия

15 Безградиентные условия достигаются в реакторе:

- а) Идеального смешения непрерывного действия
- б) Идеального смешения периодического действия
- в) Идеального вытеснения

16 В реакторе идеального вытеснения концентрация исходных реагентов изменяется:

- а) по времени
- б) по длине аппарата
- в) сразу принимает конечное значение

17 Время пребывания в реакторе идеального смешения непрерывного действия для реакции первого порядка  $A \rightarrow B$ , протекающей без изменения объема реакционной массы, рассчитывается по формуле:

- а)  $(C_{A0} - C_A)/-r_A$
- б)  $C_{A0} \int_0^{X_A} \frac{dX_A}{-r_A}$
- в)  $(C_{A0} - C_A)/C_{A0}$
- г)  $|v_i / v_A| F_{A0} X_A \Phi_i^A / V$

18 В изотермическом реакторе протекает сложная реакция  $A+B \rightarrow C (k_1)$ ,  $A+B \rightarrow D (k_2)$  до степени превращения реагента А 90%, характеризующаяся кинетическими уравнениями:  $r_1 = k_1 C_A C_B^{1,5}$ ,  $r_2 = k_2 C_A^{1,5} C_B^{0,5}$ . Начальное мольное соотношение реагента А к В равно 0,5. В каком реакторе целесообразнее проводить процесс для увеличения выхода продукта С?

- а) Реактор идеального вытеснения
- б) Реактор идеального смешения непрерывного действия
- в) Каскад реакторов идеального смешения

19 Сплавы железа с углеродом, содержащие не более 2,14 % масс углерода называют:

- а) сталь

- б) чугун
- в) легированная сталь

20 Для проведения химических процессов с серной кислотой нельзя применять:

- а) алюминий
- б) стекло
- в) медь

#### **Регламент проведения текущего контроля в форме компьютерного тестирования**

| <b>Кол-во заданий в банке вопросов</b> | <b>Кол-во заданий, предъявляемых обучающемуся</b> | <b>Время на тестирование, мин.</b> |
|--|---|------------------------------------|
| 80                                     | 20  | 30                                 |

Полный фон оценочных средств для проведения промежуточной аттестации в форме компьютерного тестирования размещен в банке вопросов данного курса дисциплины в СДО MOODLE.