

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Котова Лариса Анатольевна  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 01.06.2026 19:35:40  
Уникальный программный ключ:  
10730ffe6b1ed036b744b6e9d97700b86e5c04a7

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**  
**Новотроицкий филиал**

Приложение 4

к ОПОП ВО 18.03.01 Химическая технология  
Химическая технология природных энергоносителей и  
углеродных материалов

## Рабочая программа дисциплины

# Химические реакторы

|                              |  |   |  |
|------------------------------|--|---|--|
| Закреплена за подразделением | <b>Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)</b>   |   |  |
| Направление подготовки       | 18.03.01 Химическая технология   |   |  |
| Образовательная программа    | 18.03.01 Химическая технология / Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов |   |  |
| Квалификация                 | <b>Бакалавр</b>  |   |  |
| Форма обучения               | <b>заочная</b>   |   |  |
| Общая трудоемкость           | <b>4 ЗЕТ</b>   | Виды контроля на курсах:                        |  |
| Часов по учебному плану      | <b>144</b>   | <b>экзамен 5</b><br><b>контрольная работа 5</b> |  |

### Распределение часов дисциплины по курсам

| Курс                                 | 5   |     | Итого |     |
|--------------------------------------|-----|-----|-------|-----|
|                                      | уп  | рп  |       |     |
| Лекции                               | 12  | 12  | 12    | 12  |
| Практические                         | 12  | 12  | 12    | 12  |
| Итого ауд.                           | 24  | 24  | 24    | 24  |
| Контактная работа                    | 24  | 24  | 24    | 24  |
| Сам. работа                          | 111 | 111 | 111   | 111 |
| В том числе сам. работа в рамках ФОС |     | 16  |       |     |
| Часы на контроль                     | 9   | 9   | 9     | 9   |
| Итого                                | 144 | 144 | 144   | 144 |

Программу составил(и):

*Доцент, Миленина Елена Александровна*

Рабочая программа дисциплины

### **Химические реакторы**

Составлен на основании учебного плана:

18.03.01\_23\_ХимТехнология\_ПрПЭиУМ\_заоч.plx, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 18.03.01 Химическая технология Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов протокол от 27.11.2025 №68.

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра математики и естествознания (Новотроицкий филиал)**

Протокол от 11.03.2026 г., №3.

Руководитель подразделения Швалёва Анна Викторовна.

**1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ**

|     |   |
|-----|---|
| 1.1 | получение знаний о конструкции реакторов, их основных элементах и методах математического описания с целью оптимизации работы по целевым критериям или требуемому объёму производства |
|-----|---|

**2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| Блок ОП:   |   | Б1.В.ДВ.04 |
| <b>2.1</b> | <b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>  |            |
| 2.1.1      | Производственная практика   |            |
| 2.1.2      | Безопасность жизнедеятельности  |            |
| 2.1.3      | Технология промышленной подготовки и переработки нефти и газа   |            |
| 2.1.4      | Извлечение и переработка химических продуктов коксования  |            |
| 2.1.5      | Технология глубокой переработки нефти   |            |
| 2.1.6      | Коксование углей  |            |
| 2.1.7      | Первичная переработка углеводородных газов  |            |
| 2.1.8      | Подготовка углей для коксования   |            |
| <b>2.2</b> | <b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b> |            |

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

|   |   |
|---|---|
| <b>ПК-4: Способен оценивать техническое состояние и эффективность работы оборудования, предлагать совершенствование конструкции отдельных элементов оборудования, осуществлять рациональный выбор типового оборудования</b> |   |
| <b>Знать:</b>   |   |
| ПК-4-31   | общее строение и основные элементы химических реакторов                             |
| ПК-4-32   | основы проведения гомогенных и гетерогенных химических процессов                    |
| ПК-4-33   | основные закономерности процесса теплообмена, встречающегося в реакторах            |
| <b>ПК-5: Способен анализировать эффективность реализуемой на предприятии технологии, предлагать способы ее совершенствования и пути модернизации производства</b>   |   |
| <b>Знать:</b>   |   |
| ПК-5-31   | основные формальные параметры, описывающие работу и эффективность любого реактора   |
| ПК-5-32   | влияние скорости химической реакции на геометрические характеристики реактора       |
| <b>ПК-4: Способен оценивать техническое состояние и эффективность работы оборудования, предлагать совершенствование конструкции отдельных элементов оборудования, осуществлять рациональный выбор типового оборудования</b> |   |
| <b>Уметь:</b>   |   |
| ПК-4-У1   | классифицировать реакторы, исходя из модельных представлений                        |
| ПК-4-У2   | оптимизировать основные геометрические параметры реактора                           |
| ПК-4-У3   | сопоставить эффективность работы реакторов с различной структурой потоков           |
| ПК-4-У4   | описывать каталитические процессы   |
| <b>ПК-5: Способен анализировать эффективность реализуемой на предприятии технологии, предлагать способы ее совершенствования и пути модернизации производства</b>   |   |
| <b>Уметь:</b>   |   |
| ПК-5-У1   | составить математическую модель для описания реактора любого типа                   |
| ПК-5-У2   | предложить мероприятия по интенсификации химического процесса в химическом реакторе |
| <b>ПК-4: Способен оценивать техническое состояние и эффективность работы оборудования, предлагать совершенствование конструкции отдельных элементов оборудования, осуществлять рациональный выбор типового оборудования</b> |   |
| <b>Владеть:</b>   |   |

|   |  |
|---|--|
| ПК-4-В1   | навыками составления материального баланса, исходя из модельных представлений          |
| ПК-4-В2   | навыками составления теплового баланса реактора  |
| ПК-4-В3   | навыками описания гетерогенного каталитического процесса                               |
| <b>ПК-5: Способен анализировать эффективность реализуемой на предприятии технологии, предлагать способы ее совершенствования и пути модернизации производства</b> |  |
| <b>Владеть:</b>   |  |
| ПК-5-В1   | навыками описания работы химического реактора и проведения оптимизации его конструкции |
| ПК-5-В2   | анализом эффективности работы действующего реактора                                    |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/   | Семестр / Курс | Часов | Формируемые индикаторы компетенций      | Литература и эл. ресурсы | Примечание | КМ | Выполняемые работы |
|-------------|---|----------------|-------|---|--------------------------|------------|----|--------------------|
|             | <b>Раздел 1. Понятие о химическом реакторе и его значение в химическом производстве.</b>  |                |       |   |                          |            |    |                    |
| 1.1         | Понятие о химическом реакторе, его функции и значимость на производстве. Формальные показатели работы химических реакторов /Лек/  | 5              | 2     | ПК-4-31 ПК-4-У1                         | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3         |            |    |                    |
| 1.2         | Материальный и тепловой баланс в химическом реакторе /Пр/   | 5              | 1     |   | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3         |            |    | Р1                 |
| 1.3         | Метод моделирования при изучении работы химического реактора. Вывод дифференциального уравнения материального баланса реактора любого типа. Классификация химических реакторов (понятие о реакторах идеального смешения и идеального вытеснения). /Лек/ | 5              | 3     | ПК-5-31 ПК-4-31                         | Л1.1                     |            |    |                    |
| 1.4         | Запись видеответа с выводом дифференциального уравнения реактора любого типа /Ср/   | 5              | 12    |   | Л1.1                     |            |    | Р2                 |
|             | <b>Раздел 2. Структура потока в реакторе. Идеальные (предельные) режимы работы реакторов.</b>   |                |       |   |                          |            |    |                    |
| 2.1         | Изотермический процесс в химическом реакторе. Идеальные режимы в химических реакторах (идеального смешения, идеального вытеснения). /Лек/   | 5              | 3     | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У1 | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3         |            |    |                    |

|     |   |   |    |   |                      |  |         |    |
|-----|---|---|----|---|----------------------|--|---------|----|
| 2.2 | Сравнение эффективности проточных реакторов идеального смешения и идеального вытеснения. /Ср/   | 5 | 2  | ПК-5-32 ПК-5-В1 ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У3                 | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3     |  |         | Р3 |
| 2.3 | Неидеальные режимы в реакторах. Причины отклонений от идеальных режимов. Модели реакторов с неидеальной структурой потоков. Запись видеоответов по темам лекции и задачам. /Ср/   | 5 | 20 | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-В1                                 | Л1.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 |  | КМ1     |    |
| 2.4 | Уравнения формальной кинетики. Их значимость для описания работы реактора. Уравнение ВантГоффа. Константа скорости реакции. Необратимая и обратимая реакция первого порядка. Необратимая и обратимая реакция второго порядка. Последовательные реакции. Параллельные реакции. Сложность и многостадийность процесса химического превращения. /Пр/ | 5 | 5  | ПК-5-В1 ПК-5-В2   | Л1.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |         | Р4 |
| 2.5 | Время пребывания, перемешивание в химическом реакторе в зависимости от типа реактора. /Пр/  | 5 | 2  | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-В1                                 | Л1.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |         | Р4 |
|     | <b>Раздел 3. Теплообмен в реакторе. Режимы работы реактора с теплообменом.</b>  |   |    |   |                      |  |         |    |
| 3.1 | Режимы идеального смешения периодический и идеального вытеснения с теплообменом /Лек/   | 5 | 1  | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У1 ПК-4-У3 ПК-4-В2 ПК-4-В3 | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3     |  |         |    |
| 3.2 | Неизотермический процесс в химическом реакторе. Организация теплообмена в реакторе и температурные режимы. /Лек/  | 5 | 2  | ПК-5-31 ПК-4-У3 ПК-4-В1 ПК-4-В2                                 | Л1.1<br>Э1 Э2 Э3     |  |         |    |
| 3.3 | Теплообмен в химических реакторах /Пр/  | 5 | 2  | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-4-В2   | Л1.1Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |         | Р5 |
| 3.4 | Самостоятельное изучение материала в "Электронном курсе": Температурный режим в проточном реакторе идеального смешения. Адиабатический процесс идеального смешения и вытеснения. Автотермический реактор /Ср/   | 5 | 20 | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-В1 ПК-4-В2                         | Л1.1                 |  | КМ1,КМ2 |    |
|     | <b>Раздел 4. Оптимизация химико-технологического процесса в реакторе.</b>   |   |    |   |                      |  |         |    |

|     |   |   |    |   |                     |  |  |  |
|-----|---|---|----|---|---------------------|--|--|--|
| 4.1 | Оптимизация химического процесса в реакторе. /Лек/  | 5 | 1  | ПК-4-31 ПК-4-32 ПК-4-У2<br>ПК-4-У3                            | Э1 Э2 Э3            |  |  |  |
| 4.2 | Рассмотрение примеров расчётов по оптимизации процессов /Пр/  | 5 | 2  | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-4-В1<br>ПК-4-В2                            | Э1 Э2 Э3            |  |  |  |
| 4.3 | Самостоятельное изучение материала в "Электронном курсе": Способы осуществления оптимального температурного режима в реакторе /Ср/  | 5 | 1  | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1<br>ПК-5-В1 ПК-4-У2                    | Л3.1<br>Э1 Э2 Э3    |  |  |  |
|     | <b>Раздел 5. Гетерогенные химико-технологические процессы</b>   |   |    |   |                     |  |  |  |
| 5.1 | Промышленные химические реакторы для процессов:<br>- гомогенных;<br>- гетерогенных;<br>- гетерогеннокаталитических . /Ср/   | 5 | 5  | ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-В1<br>ПК-4-32 ПК-4-33 ПК-4-У4<br>ПК-4-В2 | Л1.Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |
| 5.2 | Расчеты для гетерогеннокаталитических процессов. Сравнение и выбор химических реакторов. /Ср/   | 5 | 5  | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-4-У2<br>ПК-4-У4 ПК-4-В3                    | Л1.Л3.1             |  |  |  |
| 5.3 | Самостоятельное изучение материала в "Электронном курсе": Реакторы для газовых гомогенных процессов. Устройства для смешения взаимодействующих реагентов: сопло, эжектор, центробежный смеситель. Камерные и трубчатые реакторы. Реакторы для жидкостных гомогенных процессов. Механическое и пневматическое перемешивание. Конструкции механических мешалок. Устройства для подвода и отвода тепла. Колонные реакторы идеального вытеснения. Автоклавы. /Ср/ | 5 | 15 | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1<br>ПК-5-В1                            | Л1.Л3.1<br>Э1 Э2 Э3 |  |  |  |

|     |   |   |    |                                 |                  |  |     |  |
|-----|---|---|----|---------------------------------|------------------|--|-----|--|
| 5.4 | Реакторы для газожидкостных гетерогенных процессов. Пленочные колонные реакторы трубчатого и насадочного типов. Виды и характеристики насадок. Требования, предъявляемые к насадкам. Барботажные реакторы. Типы тарелок, их сравнительная характеристика. Колонные реакторы разбрызгивающего типа. Способы диспергирования жидкой фазы. Реакторы пенного типа. Реакторы для гетерогенных процессов с твердой фазой. Реакторы для процессов в системе "жидкость-твердое" (растворение, экстрагирование, кристаллизация). Реакторы с фильтрующим и взвешенным слоем твердого реагента. /Ср/ | 5 | 15 | ПК-5-31 ПК-5-32 ПК-5-У1 ПК-5-В1 | Л1.Л3.1 Э1 Э2 Э3 |  | КМ3 |  |
|     | <b>Раздел 6. Подготовка к контрольным мероприятиям и выполняемым работам</b>  |   |    |                                 |                  |  |     |  |
| 6.1 | Объем часов самостоятельной работы на подготовку к КМ /Ср/  | 5 | 6  |                                 |                  |  |     |  |
| 6.2 | Объем часов самостоятельной работы на подготовку к ВР /Ср/  | 5 | 10 |                                 |                  |  |     |  |

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

| Код КМ | Контрольное мероприятие | Проверяемые индикаторы компетенций | Вопросы для подготовки |
|--------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|
|--------|-------------------------|------------------------------------|------------------------|

|     |   |   |  |
|-----|---|---|--|
| КМ1 | Коллоквиум. Математическое моделирование химических процессов и реакторов | ПК-4-32;ПК-4-33;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-У3;ПК-4-У4;ПК-4-В1;ПК-4-В2;ПК-4-В3;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-4-31 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) В чем состоит метод моделирования при описании работы реакторов?</li> <li>2) Назовите основные требования, предъявляемые к математической модели химического реактора.</li> <li>3) Приведите примеры классификации химических реакторов.</li> <li>4) Каковы различия в условиях перемешивания в проточных реакторах смешения и вытеснения?</li> <li>5) Приведите условия для стационарного режима работы химического реактора. Возможен ли стационарный режим в периодическом реакторе?</li> <li>6) Назовите последовательность этапов при составлении математической модели химического реактора.</li> <li>7) Назовите предельные допущения, которые используются при составлении балансового уравнения для реактора любого типа?</li> <li>8) Выведите уравнение материального баланса реактора в общем виде.</li> <li>9) По каким причинам балансовые уравнения (уравнения материального и энергетического балансов) составляют основу математической модели химического реактора?</li> <li>10) Докажите с математической точки зрения, что при стационарном режиме работы химического реактора в нём не происходит накопления вещества и теплоты?</li> <li>11) Выведите математические модели для реактора РИС-п.</li> <li>12) Выведите математические модели для реактора РИС-н.</li> </ol>  |
| КМ2 | Коллоквиум. Изотермический процесс в химическом реакторе.                 | ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-33;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-У3;ПК-4-У4;ПК-4-В1;ПК-4-В2;ПК-4-В3;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-В1;ПК-5-В2 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Укажите основные типы химических реакторов, требования к ним;</li> <li>2) Приведите примеры применения реакторов в технологии важнейших химических продуктов.</li> <li>3) В чем заключается подобие и различие процесса в реакторах ИС-п и ИВ? Ответ начните с записи дифференциального уравнения материального баланса реактора любого типа.</li> <li>4) Укажите, что такое условное время реакции и чем оно отличается от времени пребывания в реакторе.</li> <li>5) Как меняются концентрации исходных компонентов и продукта по длине реактора ИВ для реакции первого и второго порядков?</li> <li>6) Как изменится степень превращения в реакторе при протекании реакции первого порядка при увеличении начальной концентрации в 1,5 раза? Ответ поясните расчётом.</li> <li>7) Какое предельное превращение можно получить в реакторе ИС-п при протекании обратимой реакции? Подтвердите это с помощью математической модели и изобразите графически.</li> <li>8) В реакторе ИС-п протекает обратимая реакция. Как изменится скорость превращения в начале процесса в результате увеличения температуры? Изменится ли предельное превращение, как и почему?</li> <li>9) Получите мат. модель процесса в реакторе ИВ при протекании сложной реакции: а) с параллельной схемой превращения; б) последовательной схемой превращения. Покажите график изменения концентраций компонентов по длине реактора и объяснит, его вид ( почему концентрации увеличиваются, уменьшаются, не меняются).</li> <li>10) В реакторе ИВ протекает последовательная реакция. Какие рекомендации можно сделать, чтобы добиться: а) максимального выхода промежуточного продукта; б) максимальной селективности по промежуточному продукту; в) максимального выхода конечного продукта?</li> <li>11) Как меняется концентрация вещества по объему проточного реактора ИС ?</li> <li>12) Почему производительность реактора в режиме ИВ больше, чем в режиме ИС при протекании простых реакций?</li> <li>13) Может ли режим реактора оказывать влияние на селективность процесса при протекании сложной реакции? Ответ обоснуйте.</li> <li>14) Назовите причины отклонения режимов в промышленных реакторах от ИС и ИВ?</li> </ol> |

|     |                                       |   |   |
|-----|---------------------------------------|---|---|
| КМЗ | Коллоквиум.<br>Гетерогенные процессы. | ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-33;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-У3;ПК-4-У4;ПК-4-В1;ПК-4-В2;ПК-4-В3;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-В1;ПК-5-В2 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Какие процессы относятся к гетерогенным? Перечислите стадии гетерогенного</li> <li>2) процесса. Назовите области протекания гетерогенного процесса.</li> <li>3) Как подразделяются гетерогенные процессы по виду участвующих фаз?</li> <li>4) В чем заключается многостадийность гетерогенного процесса? Чем отличаются условия гетерогенного процесса и условия протекающей в нем реакции?</li> <li>5) Что такое наблюдаемая скорость гетерогенного процесса, от чего она зависит</li> <li>6) Что такое лимитирующая стадия в гетерогенном процессе? Как лимитирующая стадия определяет режим процесса?</li> <li>7) Чем отличается модель «сжимающаяся сфера» от модели «сжимающееся ядро»? Приведите примеры процессов.</li> <li>8) Нарисуйте схему и объясните структуру процесса «газ-твердое (полностью реагирующее). Какие этапы процесса можно выделить? Напишите исходное уравнение мат. модели этого процесса.</li> <li>9) Напишите уравнения для наблюдаемой скорости превращения (для реакции первого порядка) и времени полного превращения твердой частицы.</li> <li>10) Нарисуйте графики и объясните, как меняется во времени размер частицы, степень превращения твердого реагента, скорость превращения частицы.</li> <li>11) Как зависит наблюдаемая константа скорости превращения в процессе «сжимающаяся сфера» от температуры и скорости потока? Как эти зависимости связаны с режимом процесса?</li> <li>12) Как можно интенсифицировать процесс «газ-твердое (полностью реагирующее)?</li> <li>13) Нарисуйте схему и объясните структуру процесса «газ-твердое (неполностью реагирующее). Какие этапы процесса можно выделить? Напишите исходное уравнение мат. модели этого процесса.</li> <li>14) Напишите уравнения для наблюдаемой скорости превращения и времени полного превращения твердой частицы для разных режимов процесса.</li> <li>15) Нарисуйте графики и объясните, как меняется во времени размер частицы, степень превращения твердого реагента, скорость превращения частицы для процесса «сжимающееся ядро» в разных режимах.</li> <li>16) Как можно интенсифицировать процесс «газ-твердое (неполностью реагирующее)» в разных режимах его протекания?</li> <li>17) Укажите способы определения области протекания процесса в системе «газ – твердое тело».</li> <li>18) Приведите примеры технологических процессов «газ-жидкость» и способы организации взаимодействия газа с жидкостью.</li> <li>19) Нарисуйте схему и объясните структуру процесса «газ-жидкость». Какие этапы процесса можно выделить? Напишите исходное уравнение мат. модели этого процесса.</li> <li>20) В чем различие структур процессов «газ-твердое» и «газ - жидкость»?</li> <li>21) Напишите выражение для наблюдаемой скорости превращения. От каких условий и как зависит наблюдаемая скорость превращения в разных режимах?</li> <li>22) С чем связано возможное уменьшение скорости превращения при повышении температуры?</li> <li>23) Как можно интенсифицировать процесс «газ-жидкость»?</li> <li>24) Проанализируйте основные недостатки и достоинства реакторов периодического действия</li> </ol> |
|-----|---------------------------------------|---|---|

|   |  |   |  |
|---|--|---|--|
| КМ4   | Вопросы к экзамену (проводится в устной форме) | ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-33;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-У3;ПК-4-У4;ПК-4-В1;ПК-4-В2;ПК-4-В3;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-В1;ПК-5-В2 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Определение химического реактора. Назначение химического реактора. Примеры химических реакторов в промышленности;</li> <li>2) Показатели работы химического реактора. Назначение показателей работы реакторов. Производительность.</li> <li>3) Показатели работы химического реактора. Назначение показателей работы реакторов. Интенсивность.</li> <li>4) Показатели работы химического реактора. Назначение показателей работы реакторов. Расходный коэффициент.</li> <li>5) Показатели работы химического реактора. Назначение показателей работы реакторов. Степень превращения.</li> <li>6) Показатели работы химического реактора. Назначение показателей работы реакторов. Выход продукта.</li> <li>7) Показатели работы химического реактора. Назначение показателей работы реакторов. Селективность.</li> <li>8) Показатели работы химического реактора. Назначение показателей работы реакторов. Скорость химической реакции.</li> <li>9) Баланс работы химического реактора. Материальный баланс.</li> <li>10) Баланс работы химического реактора. Теловой баланс.</li> <li>11) Структурные элементы химического реактора;</li> <li>12) Основные конструкционные типы химических реакторов;</li> <li>13) Схемы движения потоков в реакторах;</li> <li>14) Анализ процессов в химическом реакторе;</li> <li>15) Общая последовательность анализа работы реакторов;</li> <li>16) Характеристика режимов работы химических реакторов. Реактор идеального смешения (периодический) на примере реакции первого порядка;</li> <li>17) Характеристика режимов работы химических реакторов. Реактор идеального вытеснения на примере реакции первого порядка;</li> <li>18) Влияние порядка реакции на изменение концентрации реагирующих веществ во времени;</li> <li>19) Влияние температуры на режим работы химических</li> </ol> |
| КМ5   | Контрольная работа                             | ПК-5-У1;ПК-5-32;ПК-5-31;ПК-4-В3   | <p>реакторов.</p> <p>КМ4 Вопросы к экзамену (проводится в устной форме)</p> <p>ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-4-33;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-У3;ПК-4-У4;ПК-4-В1;ПК-4-В2;ПК-4-В3;ПК-5-31;ПК-5-32;ПК-5-У1;ПК-5-У2;ПК-5-В1;ПК-5-В2</p> <p>Используя термодинамические данные (Тд) рассчитать константу равновесия газофазной реакции гидратации этилена при температуре 300°C</p>  |
| <b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b> |  |   |  |
| Код работы  | Название работы                                | Проверяемые индикаторы компетенций  | Содержание работы  |
| P1  | Практическая работа. Формальная кинетика.      | ПК-4-32;ПК-4-33;ПК-4-У1;ПК-4-У2;ПК-4-У3   | Реализовать в табличном процессоре расчёты необратимой и обратимой реакция первого порядка, обратимой и необратимые реакции второго порядка, последовательные и параллельные реакции. Изучить и доказать результатами расчётов влияние температуры реакции, энергии активации, начальной концентрации на скорость химической реакции.  |

|    |   |   |   |
|----|---|---|---|
| P2 | Практическая работа. анализ эффективности действующего реактора | ПК-5-В2;ПК-5-В1;ПК-5-У2;ПК-5-У1;ПК-5-32         | 1. При установлении математической модели аппарата в результате наложения возмущения в виде дельта-функции (импульсный ввод индикатора) получены следующие значения концентрации индикатора на выходе из аппарата. Построить кривую распределения.<br>2. Определить размеры открытого прямоугольного бака ёмкостью 1000 м <sup>3</sup> при условии получения минимальной поверхности дна и стенок. Объём бака $V=lbh$ , где $l$ - длина, $b$ - ширина, $h$ - высота<br>3. Рассчитать значения концентрации исходного реагирующего вещества по уравнению необратимой реакции первого порядка, протекающей в реакторах ИВ и ИС-н<br>4. Рассчитать значения концентрации исходного реагирующего вещества по уравнению необратимой реакции первого порядка, протекающей в реакторах ИВ и ИС-н |
| P3 | Практическая работа. Материальный баланс реактора любого типа.  | ПК-4-У1;ПК-4-33;ПК-4-32;ПК-5-В1;ПК-5-В2;ПК-5-31 | Выведите дифференциальное уравнение материального баланса для реактора любого типа и получите из него предельные соотношения для РИВ, РИС-н, РИС-п.   |
| P4 | Практическая работа. Показатели работы реактора.                | ПК-5-У1;ПК-4-В2;ПК-4-В3;ПК-5-У2                 | Привести показатели работы реактора. Привести примеры и физический смысл каждого из параметров.   |
| P5 | Практическая работа. Гидравлическая характеристика реактора.    | ПК-4-31;ПК-4-32;ПК-5-В2;ПК-5-В1;ПК-5-31;ПК-4-У3 | Произвести расчёт по данным испытания реактора. Классифицировать реактор, отнести его к РИС-н или РИВ.  |

### 5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (билеты, тесты и т.п.)

Формой промежуточной аттестации по дисциплине является экзамен.

Ниже представлен образец билета для экзамена, проводимого в устной форме.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»

Новотроицкий филиал  
(НФ НИТУ «МИСИС»)

Кафедра Математики и естествознания

#### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина: Химические реакторы

Направление: 18.03.01 «Химическая технология»

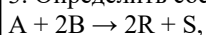
Форма обучения: заочная

Форма проведения экзамена: устная

1. Химические реакторы. Классификация химических реакторов и режимов их работы.

2. Гомогенные процессы и реакторы. Общие понятия, характеристика процесса.

3. Определить состав смеси (CA, CB, CR, CS) и степень превращения XB для реакции:



если  $X_A = 0,6$ ,  $C_{A,0} = 1$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $C_{B,0} = 1,5$  кмоль/м<sup>3</sup>.

Составил: доцент кафедры МиЕ \_\_\_\_\_  
(подпись)

Е.А. Миленина

Зав. кафедрой МиЕ \_\_\_\_\_  
(подпись)

А.В. Швалёва

Утверждено на заседании кафедры МиЕ \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_

#### 5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

В системе оценки знаний, умений и навыков по результатам проведения контрольной работы используются следующие критерии:

Результат оценивания Критерии оценки

«Отлично» За полное овладение содержанием учебного материала, владение понятийным аппаратом, умение решать практические задачи, грамотное, логичное изложение ответа.

«Хорошо» Если студент полно освоил учебный материал, владеет понятийным аппаратом, осознанно применяет знания для решения практических задач, грамотно излагает ответ, но содержание и форма ответа имеют некоторые неточности

«Удовлетворительно» Если студент обнаруживает знание и понимание основных положений учебного материала, но излагает его неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, в применении знаний для решения практических задач, не умеет доказательно обосновать свои суждения

«Неудовлетворительно» Если студент имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, искажает их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал, не может применять знания для решения практических задач; за полное незнание и непонимание учебного материала или отказ отвечать

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, высокий уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач:

- дается комплексная оценка предложенной ситуации;
- демонстрируются глубокие знания теоретического материала и умение их применять;
- последовательное, правильное выполнение всех практических заданий;
- умение обоснованно излагать свои мысли, делать необходимые выводы.

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций:

- дается комплексная оценка предложенной ситуации;
- демонстрируются достаточные знания теоретического материала и умение их применять; но допускаются незначительные ошибки, неточности

– выполнение всех практических заданий; возможны единичные ошибки, исправляемые самим студентом после замечания преподавателя;

– затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на но-вые, нестандартные ситуации.

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся демонстрирует порого-вый уровень сформированности компетенций:

- затруднения с комплексной оценкой предложенной ситуации;
- неполное теоретическое обоснование, требующее наводящих вопросов преподавателя;
- выполнение заданий при подсказке преподавателя;
- затруднения в формулировке выводов.

– на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач неправильная оценка предложенной ситуации;

Экзамен может проводиться в дистанционной форме

### 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

#### 6.1. Рекомендуемая литература

##### 6.1.1. Основная литература

|      | Авторы, составители | Заглавие   | Библиотека | Издательство, год                              |
|------|---------------------|--|------------|--|
| Л1.1 | А.И. Леонтьева      | Оборудование химических производств в 2 частях : учебное пособие |            | Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», , 2012 |

##### 6.1.3. Методические разработки

|      | Авторы, составители | Заглавие   | Библиотека | Издательство, год   |
|------|---------------------|--|------------|---|
| Л3.1 | Леонтьева, А.И.     | Оборудование химических производств : в 2 частях : учебное пособие |            | Тамбовский государственный технический университет , 2012 |

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

|    |   |                     |
|----|---|---------------------|
| Э1 | Российская научная электронная библиотека | www.elibrary.ru     |
| Э2 | КиберЛенинка                              | www.cyberleninka.ru |
| Э3 | НФ НИТУ "МИСиС"                           | www.nf.misis.ru     |

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

|   |   |
|---|---|
| П.1   | WinPro 10 RUSUpgrdOLVNLEachAcademicAP   |
| П.2   | Microsoft Office Professional Plus 2013 Russian OLP NL AcademicEdition;                                     |
| П.3   | Microsoft Office Standart 2013 Russian OLP NL AcademicEdition   |
| П.4   | Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level  |
| <b>6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных</b> |   |
| И.1   | - Официальный сайт Новотроицкого филиала НИТУ "МИСИС" <a href="http://nf.misis.ru/">http://nf.misis.ru/</a> |
| И.2   | - Электронная библиотека НИТУ "МИСИС" <a href="http://elibrary.misis.ru">http://elibrary.misis.ru</a>       |
| И.3   | - Университетская библиотека онлайн <a href="http://bibliclub.ru">http://bibliclub.ru</a>                   |

#### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

| Ауд. | Назначение   | Вид | Оснащение   |
|------|--|-----|---|
| 113  | Учебная лаборатория (компьютерный класс)                             | Пр  | 13 шт. - Компьютер в сборе;<br>1 шт. - Проектор универсальный Vivitek DH278;<br>1 шт. - Экран настенный 150x200;<br>1 шт. - Коммутатор D-Link 16 порт.;<br>1 шт. - Подвес для проектора;<br>1 шт. - Веб камера Logitech;<br>1 шт. - Кондиционер ;<br>13 шт. - Стол компьютерный;<br>2 шт. - Стол преподавательский;<br>7 шт. - Стулья;<br>12 шт. - Кресло;<br>1 шт. - Шкаф книжный;<br>12 шт. - Рулонные шторы;<br>1 шт. - Ученическая доска; |
| 136  | Учебная аудитория для занятий лекционного типа, практических занятий | Лек | 1 шт. - Стойка мобильная ONKRON;<br>1 шт. - Телевизор LED Hisense;<br>1 шт. - Logitech ConferenceCamGrou (система для проведения видео конференций);<br>1 шт. - Интерактивная жк-панель NEWLINE TT;<br>1 шт. - Ноутбук HP250G;<br>1 шт. - Колонки BК SP-09;<br>1 шт. - Коммутатор D-Link;<br>13 шт. - Стол студенческий;<br>18 шт. - Стулья;<br>2 шт. - Жалюзи.   |
| 136  | Учебная аудитория для занятий лекционного типа, практических занятий | Пр  | 1 шт. - Стойка мобильная ONKRON;<br>1 шт. - Телевизор LED Hisense;<br>1 шт. - Logitech ConferenceCamGrou (система для проведения видео конференций);<br>1 шт. - Интерактивная жк-панель NEWLINE TT;<br>1 шт. - Ноутбук HP250G;<br>1 шт. - Колонки BК SP-09;<br>1 шт. - Коммутатор D-Link;<br>13 шт. - Стол студенческий;<br>18 шт. - Стулья;<br>2 шт. - Жалюзи.   |

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Основной целью образования по дисциплине является освоение студентами основных закономерностей химических процессов, протекающих в реакционных аппаратах, и основ теории химических реакторов, которые в свою очередь формируют профессиональный уровень специалиста по данной специальности.

При изучении дисциплины студентам следует опираться на знание, а при необходимости повторение отдельных разделов следующих учебных дисциплин: «Математика ч.1, ч.2» «Дополнительные главы математики», «Информатика», «Общая и неорганическая химия», «Физическая химия», «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии».

Рабочей программой дисциплины «Химические реакторы» предусмотрена самостоятельная работа студентов в объеме 54 часов, что предполагает необходимость выделять на самостоятельную работу не менее 3 часов в неделю.

Целесообразная последовательность самостоятельного изучения материала дисциплины определяется соответствующими рекомендациями преподавателя. Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к практическим занятиям;
- работу с Интернет – источниками;
- подготовку к написанию контрольной работы, тестовых заданий, сдаче экзамена.

Планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников, рекомендованных преподавателем и дополнительно найденных. По каждой из тем для самостоятельного обучения, приведенных в «Рабочей программе» дисциплины следует сначала прочитать рекомендованную литературу и при необходимости составить краткий конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме и для освоения последующих разделов курса.

#### Самостоятельная работа студентов

Тематика самостоятельной работы студентов представлена в «Рабочей программе». Оценка результатов самостоятельной работы организуется как единство двух форм: самоконтроль и контроль со стороны преподавателя.

Самоконтроль зависит от определенных качеств личности, ответственности за результаты своего обучения, заинтересованности в положительной оценке своего труда, материальных и моральных стимулов, от того насколько обучаемый мотивирован в достижении наилучших результатов.

Контроль за текущей самостоятельной работой студентов осуществляется на практических занятиях.

Контроль за проработкой лекционного материала и самостоятельного изучения отдельных тем осуществляется во время рубежного контроля (контрольные работы).

Основу самостоятельной работы студентов составляет выполнение и защита реферата по темам, предложенным преподавателем (приведенным в рабочей программе дисциплины). Успешная защита реферата является допуском к сдаче экзамена.

#### Указания по самоконтролю и подготовке к контрольному тестированию

Оценка текущей успеваемости и промежуточной аттестации студентов по итогам освоения дисциплины «Химические реакторы» представляют собой комплект контролируемых материалов следующих видов:

- Входной контроль. Представляет собой перечень из 10 – 20 основных вопросов, ответы на которые студент должен знать в результате изучения предыдущих дисциплин (математики, физической химии, процессов и аппаратов хим. технологии). Поставленные вопросы требуют точных и коротких ответов. Входной контроль проводится в устной форме на первой лекции в течение 15 минут.

- Промежуточный контроль. Проверяется степень усвоения теоретических и практических знаний по основным разделам дисциплины. Осуществляется в виде проведения аудиторных контрольных работ. Контрольные работы предусматривают теоретические вопросы, тестовые и практические задания. Контрольные работы проводятся в письменном виде на промежуточных этапах освоения дисциплины.

- Экзамен. Проводится в конце семестра путем балльной оценки. Экзаменационные билеты для сдачи экзамена состоят из теоретических вопросов и задачи по всем разделам, изучаемым в данном семестре. Студент, который набирает в процессе проведения входного и промежуточного контроля максимальное количество баллов, освобождается от сдачи экзамена. Максимальный итоговый рейтинг соответствует 50 баллам.

#### Оформление контрольной работы

##### Для студентов заочной формы обучения

Студент - заочник должен получить теоретические знания в соответствии с программой по специальности, уметь применять эти знания в практической деятельности, действовать самостоятельно, эффективно, в соответствии с поставленными задачами.

Согласно учебному плану, студенты – заочники выполняют домашнюю контрольную работу в сроки, установленные учебным графиком.

Цель выполнения контрольной работы – научить студентов самостоятельно пользоваться учебной и нормативной литературой, приобрести навыки письменно излагать материал по конкретным вопросам, которые могут возникнуть в практической деятельности.

Задание для выполнения контрольной работы разработано в 10 вариантах. В каждом варианте содержатся задачи по основным темам дисциплины. Номер варианта определяется по последней цифре номера зачетки.

Перед выполнением контрольной работы студенту необходимо внимательно изучить методические указания к темам и рекомендуемую литературу, в соответствии с программой.

Контрольная работа выполняется в учебной тетради (12 листов). На тетрадь наклеивается титульный лист, который заполняется по установленной в учебном заведении форме (расположен на информационном стенде кафедры).

Работа должна быть выполнена грамотно и аккуратно, четким, разборчивым подчерком. Не допускается сокращение слов (кроме общепринятых сокращений).

Контрольная работа может быть выполнена на компьютере шрифтом Times New Roman, размером 14 и напечатана на

бумаге формата А4 на лицевой стороне каждого листа.

Оформляя работу, необходимо пронумеровать страницы, отвести поля шириной 2-3 см для замечаний рецензента, привести четкую формулировку вопроса и план выбранной темы, изложив ответ на него. В конце работы указать используемую литературу, поставить дату выполнения работ и подпись.

Выполненная работа сдается на кафедру.

При получении отрецензированной работы студент должен выполнить все указания рецензента. Работа над ошибками, дополнения к ответам, согласно рецензии, выполняется в этой же тетради.

На рецензию не принимаются работы:

- выполненные по неправильному варианту;
- переписанные у других студентов;
- выполненные небрежно, не разборчивым подчерком.

Возвращенные без рецензии (но с обязательным указанием причины возврата) работы студент обязан выполнить повторно, в соответствии со своим вариантом и требованиями, предъявляемыми к контрольным работам, и вновь сдать на кафедру.

После выполнения и защиты контрольной работы студент допускается к сдаче экзамена.